

ŘADA B
PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS
PRO ELEKTRONIKU
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ
ROČNÍK XXVIII/1979 ČÍSLO 5

V TOMTO SEŠITĚ

VI. sjezd Svazarmu 169

Příjem a rozvod TV a rozhlasových signálů

| | |
|--|-----|
| Všeobecné pojmy | 170 |
| Vysvětlení funkce malého rozvodu | 170 |
| Kmitočtová pásmá pro přenos | |
| signálů TV a R | 171 |
| Vedení pro rozvod vln signálu | 171 |
| Určení úrovně pomocí decibelů | 172 |
| Rušivé vlivy na jakost obrazu | 172 |
| Antény | 174 |
| Jednotlivé zářiče | 175 |
| Jednoduché směrové antény (řady) | |
| 177 | |
| Složené antennní řady | 180 |
| Předpisy o stavbě antén | 181 |
| Symetrický člen | 181 |
| Symetrické vedení | 182 |
| Symetrický člen netransformující | |
| impedanci | 183 |
| Slučovačí člen | 184 |
| Směrový vazební člen | 184 |
| Směrový vazební člen z vedení | 184 |
| Transformátorový směrový | |
| vazební člen | 185 |
| Transformátorový slučovač dvou | |
| kanálů | 186 |
| Útlumový člen | 187 |
| Kmitočtové filtry | 187 |
| Zesilovače | 189 |
| Dily rozvodné sítě | 192 |
| Druhy vln souosých kabelů | 192 |
| Odbočovací člen | 193 |
| Rozbočovací člen | 194 |
| Účastnická připojka | 194 |
| Přehled používaných typů zařízení | |
| pro příjem a rozvod signálů TV a R | 195 |
| Konstrukce prvků rozvodu | 198 |
| Postup při návrhu zařízení | |
| pro příjem a rozvod signálů TV a R | 203 |
| Příklady řešení a kalkulace | 204 |

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 57-1. Šéfredaktor ing. F. Smolík, zástupce Luboš Kalousek. Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harminc, L. Hlinský, P. Horák, Z. Hradíský, ing. J. T. Hyun, ing. J. Jarosl, doc. ing. dr. M. Joachim, ing. J. Klaba, ing. F. Králik, RNDr. L. Kryška, PhDr. E. Křížek, ing. I. Lubomírský, K. Novák, ing. O. Petráček, ing. J. Vacák, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zima, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG. Redakce Jungmannova 24, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 52-7, šéfred. linka 354, redaktor I. 353.

Ročně vydeje 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, celoroční předplatné 30 Kčs. Rozšíruje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel.

Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Tiskne Naše vojsko n. p. závod 08, 162 00 Praha 6-Liboc, Vlastina 710. Inzerci přijímá vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, linka 294. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14 hodin. Číslo indexu 46044.

Toto číslo mělo vyjít podle plánu 11. 7. 1979

© Vydavatelství NAŠE VOJSKO, Praha

VI. SJEZD SVAZARMU

Dnes se naposledy vracíme k VI. sjezdu Svazarmu, který se konal v loňském roce. V AR B4/79 jsme si uvedli ty části rezoluce sjezdu, které hovoří o uspokojování zájmu veřejnosti a zejména mládeže a o souvislostech, které toto uspokojování má se zájmy budování a obrany země. Na tučnou část rezoluce VI. sjezdu navazuje část o podílu, který má Svazarm na výchově mládeže.

Dnes si povšimneme závěru rezoluce sjezdu, týkajícího se stylu a metod řídící a organizátorské práce. Zásady organizátorské a řídící práce jsou v rezoluci podrobne probrány; my si je uvedeme též, neboť neslouží pouze funkcionářům a aktivistům Svazarmu, jak by se na první pohled mohlo zdát, ale i široké členské základně, které přibližuje perspektivy organizace a její činnosti.

Stejně závěry platí i o poslední části rezoluce VI. sjezdu Svazarmu, která je věnována finančnímu a materiálnímu zabezpečení hlavních úkolů organizace – v této souvislosti je třeba připomenout, že záleží na každém členu naší branné organizace, jak budou jednotlivé body a požadavky rezoluce uváděny v praxi do života.

Soustavně prohlubovat styl a metody řídící a organizátorské činnosti

VI. sjezd vytýče požadavek soustavným prohlubováním řízení vytvářet podmínky pro plnění všech funkcí Svazarmu v duchu závěru XV. sjezdu KSC. Důsledné uplatnění této zásady umožní komplexnější a účinnější naplňování podílu Svazarmu na realizaci politiky Komunistické strany Československa. To výžaduje soustavné vytváření podmínek, zejména pro masový rozvoj činnosti, obohacování obsahu i forem práce základních organizací a prohlubování diferencovaného řízení.

Při naplňování závěru XV. sjezdu KSC, 11. a 12. zasedání ÚV KSC a Deklarace členských států Varšavské smlouvy z listopadu i. r. pokládá VI. sjezd za základní orientaci celé organizace na soustavné zkvalitňování a zvyšování účinnosti všech forem branné výchovy a podílu organizace na rozvoji osobnosti socialistického člověka. Za tím účelem soustředit hlavní pozornost na růst kvality řídící a organizátorské práce a upevnění úlohy plánu jako hlavního nástroje řízení.

V souladu s požadavky rozvoje a upevnění organizace vytvářet nové ZO a prohlubovat jejich vnitřní strukturu. V práci všech základních organizací dosáhnout, aby neustále sledovaly a znaly zájmy a potřeby členů, aby tyto zájmy uspokojovaly a využívaly je k plnění celospolečenských potřeb. Nové základní organizace zakládat předeším na závodech, školách, JZD a dokončit jejich výstavbu ve střediskových obcích.

Řídící práci orgánů všech stupňů orientovat na vytváření podmínek pro činnost základních organizací jako středisek naplňování branné funkce Svazarmu. Touto prací přispívat k obohacování obsahu i forem práce základních organizací, aby účelně a komplexe-

ně plnily svou funkci ve smyslu stanov Svazarmu.

Práci okresních výborů Svazarmu rozvíjet diferencovaně a nastolovat v jejich práci pravidelné projednávání hlavních úkolů všech základních organizací a diferencované projednávání činnosti a úkolů dle výsledků a kvality práce a podle místa působení základních organizací.

VI. sjezd zdůrazňuje nutnost systematicky vytvářet předpoklady pro rozvoj činnosti organizace rozvojem vnitřního života a důsledným uplatňováním stanov. Rozvíjet všechny formy socialistické demokracie, zejména demokratického centralismu, kolektivnosti vedení i prohlubování leninského stylu práce; rozvíjet demokratický charakter organizace, vytvářet aktiv spolupracovníků.

V zájmu důsledného naplňování branné politiky KSC prohlubovat perspektivnost a plánovitost rozvoje činnosti, posilovat úlohu plánu a rozborové činnosti. Stanovit priority v masovém rozvoji branné výchovy i v rozvoji odbornosti zájmové branné činnosti. V ústředních orgánech přijmout dlouhodobý výhled rozvoje organizace do roku 1990 a to i k dosažení předstihu ve vytváření materiálně technické základny základních organizací Svazarmu.

Soustavně zdokonalovat systém informací a rozborové činnosti, informace efektivně využívat v řídící práci všech stupňů. V duchu 11. zasedání ÚV KSC, které poukázalo na rezervy ve využívání vědy a techniky, vytvářet podmínky pro získávání a uplatňování vědeckých poznatků. Vědecké metody práce a moderní technické prostředky představují reálnou cestu k zvýšení úrovně řízení, k větší efektivnosti a vyšší kvalitě na všech úsevcích činnosti.

Urychlování a zkvalitňování realizačního procesu, přenášení usnesení do nižších orgánů prohlubovat vytvářením organizačních předpokladů v důslednou kontrolou. Prohlubovat činnost kontrolních a revizních komisí, kontrolní činnost učinit trvalou součástí řídící práce orgánů všech stupňů.

V souladu s neustále rostoucími požadavky na řízení všech procesů v činnosti Svazarmu prosazovat důslednou délbu práce jednotlivých stupňů. Soustavně prohlubovat a upevnovat obsah i formy územního i odborně metodického řízení, metodicko-kontrolní činnost krajinských výborů a diferencovanou úlohu okresních výborů Svazarmu v řízení základních organizací.

Dosáhnout všeestranné prohloubení kádrové práce a zkvalitňovat diferencovanou přípravu kádrů v duchu přijatého systému. Hlavní důraz položit na přípravu aktivity k závěru VI. sjezdu a na přípravu základního aktivity pro rozvoj činnosti, zejména organi-

zátorů a cvičitelů základních organizací Sva-
zarmu. K zabezpečení přípravy kádrů cílev-
domě dotvářet systém škol, základních meto-
dických center, učebních fondů a pomůcek.
Vytvářet soustavné předpoklady pro maxi-

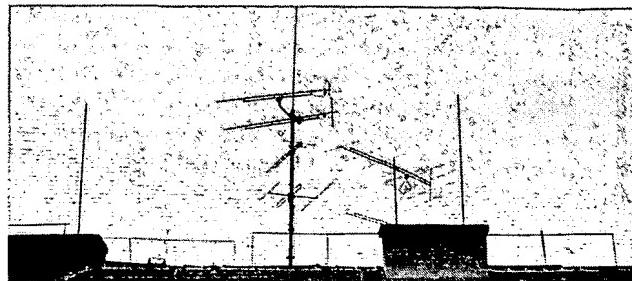
mální stabilizaci kádrů, zejména organizátoru
a cvičitelů základních organizací a pracovní-
ků okresních výborů Svazarmu.

Rozvojem řídící a organizátorské práce
vytvářet zázemí pro rozvoj nových forem

práce, obohatování obsahu i dosahování
nové kvality činnosti organizace, rozvoj spo-
lečenské angažovanosti i sepětí činnosti s cel-
kovým životem společnosti.

Příjem a rozvod televizních a rozhlasových signálů

Ing. Z. Krupka, Ing. Z. Philipp



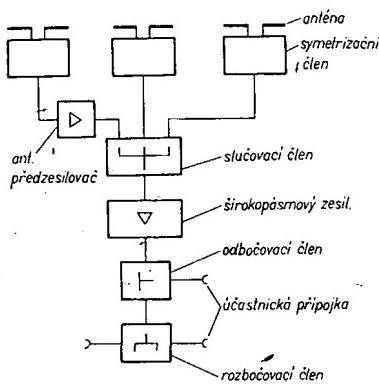
Chceme-li zajistit jakostní příjem TV vysí-
lání, nevystačíme s náhražkovou anténou a to
ani tědy, bydlíme-li v okruhu zaručeného
příjmu, to znamená v takové vzdálenosti od
vysílače, kde je za každých okolností достa-
těně silný signál. Pro jakostní příjem TV
vysílání je totiž nutné, abychom signál každé-
ho TV vysílače přijímali zvláštní anténou a podobně i rozhlas V KV. Vzhledem k tomu,
že není jednoduché zapojit několik antén na
jeden svod, znamená to v praxi kolik antén,
tolik svodů a pokud chceme ještě mít mož-
nost umístit přijímače na více místech, stane
se rozvod signálů problémem, který je bez
speciálního vybavení neřešitelný.

Abychom se dovedli správně rozhodnout
po nejvhodnější zařízení, které by odpovídalo
jak příjmovým podmínkám v místě kde
bydlíme, tak počtu a rozmístění přijímačů,
a které by též zaručovalo rozvod jakostního
signálu, musíme se seznámit s některými
technickými pojmy, bez nichž by bylo ne-
možné vysvětlit funkci celého zařízení pro
příjem a rozvod TV signálu a pochopit
vlastnosti jednotlivých dílů. Navíc je nutno
seznamit se s předpisy, kterým je třeba
vyhovět, a to především ve vlastním zájmu
uživatele.

Všeobecné pojmy

Vysvětlení funkce malého rozvodu

Skupinové schéma zařízení s díly, které
mohou přijít v úvahu pro stavbu, je na obr. 1,
kde jsou tež uvedeny názvy a předpokládané
umístění jednotlivých dílů. Zařízení musí
zabezpečovat tyto základní funkce:



Obr. 1. Skupinové schéma malého rozvodu

- příjem požadovaných signálů s optimální
jakošti,
- sloučení přijatých signálů a jejich případné
zvětšení, aby je bylo možné rozvést jedním
kablem,
- rozdělení výkonu signálu k jednotlivým přijíma-
čům a to tak, aby se nemohly vzájemně
ovlivňovat a aby jejich připojením ani vlivem
použitých dílů rozvodu nevznikaly nežádoucí
jevy a rušení.

Příjem televizních a rozhlasových signálů
(signály TV a R) zajišťuje buď jednoduché
nebo složené anténní rady. Správná volba
antén je velmi důležitá a může zásadně
ovlivnit jakost signálu. Velkou pozornost je

však nutno věnovat i provedení anténní
soustavy a jejímu zabezpečení jak proti
poškození vlivem účinku povětrnosti, tak
proti úderu blesku.

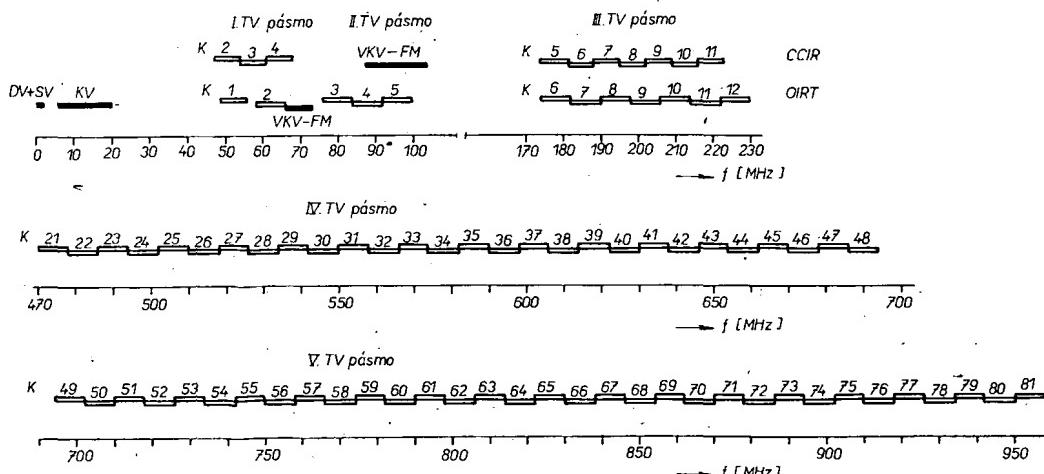
Není-li možno zabezpečit dostatečný sig-
nál z antény, je třeba použít anténní zesilova-
če. Vždy je třeba dbát, aby délka přívodu od
antény k zesilovači byla minimální.

Přívod výkonu energie od jednotlivých antén
a její rozvod k jednotlivým účastníkům je
zabezpečen výkonem, nejlépe souosým
kabelem.

Aby bylo možno všechny přijímané signály
rozvádět společně, je nutno se postarat
o jejich sloučení ve slučovacím členu. Jeho
provedení závisí na tom, kolik signálů chce-
me sloučit a jaké jsou jejich kmitočty.

Chceme-li současně napájet větší počet
přijímačů, nevystačíme pravidelně s úrovni
signálů získaných anténami. V tom případě
musíme umístit za slučovací člen zesilovač,
který je schopen zesílit všechny televizní
i rozhlasové signály, které chceme rozvádět.
Vlastnosti tohoto zesilovače lze určit z úrov-
ňové kalkulace požadovaného rozvodu.

U typu rozvodu podle obr. 1 se nepřed-
pokládá použít účastnické zásuvky, běžné při
výstavbě velkých budov. Ty jsou totiž kon-
struovány pro možnost sériového zapojení
(na jedno stoupací vedení bývá zapojeno 6 až
8 zásuvek). Pro malé rozvody je vhodnější
použít odbočovací a rozbočovací členy. Ty
musí zajistit odbočení výkonu energie a zamezit
vzájemnému ovlivňování jednotlivých přijí-
mačů, jak po stránce využávání energie
vnitřních oscilátorů, tak vlivu nedokonalého
přizpůsobení. Účastnické připojky mohou
být proto podstatně jednodušší. Musí pouze
zabezpečit rozdělení signálů pro vstupy VKV



Obr. 2. Rozdělení kmitočtových pásem pro TV a R

a UKV u TV přijímače a případně pro rozhlas VKV FM.

Kmitočtová pásmá pro přenos signálů TV a R

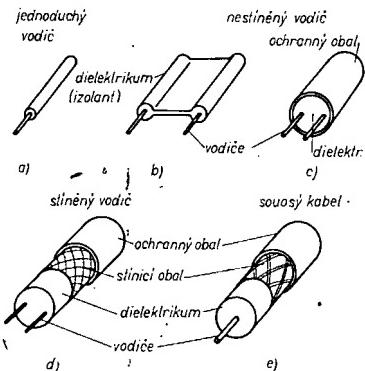
Aby se různé služby, které používají bezdrátové spojení elektromagnetickými vlnami, navzájem nerušily, mají přesně určená kmitočtová pásmá, v nichž mohou pracovat. Stejně je tomu i s vysíláním televizních a rozhlasových signálů. Televizní vysílání má normou pevně stanovené kanály, v nichž smí jednotlivé vysílače pracovat. V rámci těchto kanálů jsou potom stanoveny nosné kmitočty obrazu a zvuku.

Kmitočtová pásmá, která jsou určena pro vysílání rozhlasu a televize, jsou na obr. 2. Pro vysílání rozhlasu VKV-FM a v televizním pásmu I až III jsou uvedena dvě rozdělení kmitočtů. Jednak podle normy, která platí pro země socialistického tábora, jednak podle normy platné pro některé země západní Evropy, ale např. i NDR.

Podle u nás platné normy je šířka jednoho TV kanálu 8 MHz. Dolní okraj je 1,25 MHz pod nosným kmitočtem obrazu. Nosný kmitočet zvuku je 5,5 MHz nad nosnou obrazu a horní okraj kanálu 250 kHz nad nosnou zvuku. Např. 1. TV kanál má rozmezí 48,5 až 56,5 MHz, přičemž nosný kmitočet obrazu je 49,75 MHz a zvuku 56,25 MHz.

Vedení pro rozvod vý signálu

Základní typy vedení, které se používají pro rozvod vý signálů, jsou na obr. 3. Jednoduchý bud holý nebo izolovaný vodič (obr. 3a) je možno použít pouze jako přívod signálu nejnižších kmitočtů, tj. pro rozhlas AM (kmitočtový rozsah do max. 20 MHz).

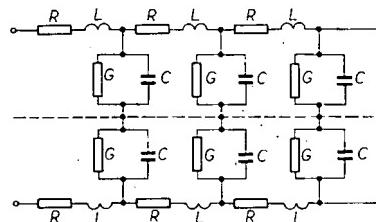


Obr. 3. Základní typy vý vedení

Nestíněný dvojvodič, ať již v provedení páskovém b, nebo c, s pěněným dielektrikem, je použitelný pro rozvod vý signálů v rozsahu všech TV pásem a rozhlasu VKV.

Abychom si mohli vysvětlit základní vlastnosti tohoto typu vedení, použijeme náhradní obvod, který je realizován prvky se soustředěnými parametry: R je odpor, který si můžeme představit jako činný odpor vodiče určité délky, L je indukčnost vodiče této délky, C je kapacita mezi vodiči tohoto úseku a G je svod způsobený ztrátami izolačního prostředí mezi vodiči. Velikosti R a G určují ztráty ve vedení, L a C charakteristickou impedanci vedení.

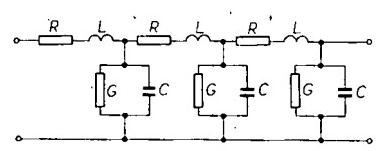
Z obr. 4 vidíme, že náhradní zapojení nestíněného dvojvodičového vedení je souměrné vůči pomyslnému středu. Proto se též tomuto typu vedení říká souměrné. Pokud by hodnoty prvků nebyly na obou stranách



Obr. 4. Náhradní zapojení souměrného dvojvodičového nestíněného vedení

stejně, znamenalo by to nesouměrnost vedení.

Stíněné vedení se též označuje jako kabel. Má vždy na povrchu vodiči stínici plášt. Může být buď v provedení s dvěma vodiči (souměrné stíněné vedení, obr. 3d, nebo s jedním vodičem, (obr. 3e). V posledním případě musí být vždy střední vodič umístěn přesně v ose stínicího pláště. Proto se tomuto kabelu říká souosý (koaxiální) a na základě tvaru náhradního zapojení (obr. 5) nesou-



Obr. 5. Náhradní zapojení nesouměrného, souosého vedení

měrný. Je přirozené, že toto náhradní zapojení je vlastně polovinou náhradního zapojení symetrického vedení.

Prakticky se jako anténní svody vý signálu používají souměrné nestíněné dvojlinky a souosé nesouměrné kably. V dalším se seznámíme se základními vlastnostmi těchto vedení.

Charakteristická impedance se označuje Z_0 . Je to charakteristická veličina každého vý vedení, která závisí na jeho konstrukčním provedení a použitém materiálu. Je nezávislá na přenášeném kmitočtu a délce vedení. Je ji možno určit při znalosti prvků náhradního zapojení, v praxi se však určuje měřením indukčnosti L a kapacity C zvoleného úseku vedení. Přitom postupujeme tak, že kapacitu měříme při vedení na konci rozpojeném (naprázdno) a indukčnost při vedení zakončeném zkratem (nakrátka). Z naměřených údajů potom vypočteme charakteristickou impedanci podle výrazu

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

Charakteristická impedance vý vedení je normalizována, pro rozvod signálů TV a R je normou ESČ předepsána pro souosý kabel $Z_0 = 75 \Omega$ a pro souměrné vedení $Z_0 = 300 \Omega$.

Útlum vedení. Jak jsme již řekli, veličiny R a G náhradního zapojení vedení reprezentují jeho ztráty. Je přirozené, že obě tyto veličiny závisí na provedení kabelu a navíc jsou ještě kmitočtově závislé. Útlum vý vedení se však zvětšuje s kmitočtem. V praxi se vždy udává útlum vý vedení délky 100 m v [dB] a to při různých kmitočtech.

Např. souměrné páskové vedení VFSP 510 má při $f = 200$ MHz útlum 7 dB/100 m a při $f = 1000$ MHz 18 dB/100 m. Souosý kabel VFKV 630 má při stejných kmitočtech útlum 11 a 27 dB/100 m.

Útlum a tedy ztráty, které vznikají na vedení, jímž rozvádíme TV signál, jsou jed-

ním ze základních parametrů, na které musíme brát zřetel.

Přizpůsobení. Každé vedení slouží k přenosu energie od zdroje ke spotřebci. Přenos bude bezeztrátový a optimální pouze tehdy, budou-li výstupní, impedance zdroje a impedance spotřebiče stejné a budou-li se rovnat charakteristické impedance vedení Z_0 . V tomto případě to znamená 75Ω . Nemí-li tomu tak, část energie vyslané zdrojem se v místě nehomogenity odraží a vraci se po vedení zpět. Interferenci mezi těmito dvěma signály vznikne na vedení stojaté vlnění elektromagnetické energie. Prakticky to znamená, že v různých místech vedení naměříme různá napětí.

Míru nepřizpůsobení charakterizujeme pomocí těchto veličin: na základě znalosti poměru napětí užitečného U_{hl} a odraženého U_{odr} určíme

$$\text{činitel odrazu } \rho = \frac{U_{odr}}{U_{hl}} \quad (2)$$

Podobně potlačení nebo též útlum odrazu je dán převrácenou hodnotou činitele odrazu

$$\frac{1}{\rho} = \frac{U_{hl}}{U_{odr}}; \text{ v praxi}$$

$$\frac{1}{\rho} = 20 \log \frac{U_{hl}}{U_{odr}} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Při znalosti poměru maxima a minima ampli tudy stojatého vlnění vzniklého na vedení, nebo též při znalosti impedance v místě nepřizpůsobeném určíme:

činitel nebo též poměr stojatého vlnění (CSV nebo PSV)

$$\sigma = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{Z_0}{Z_s} \quad (4)$$

Mezi těmito základními výrazy pro určení nepřizpůsobení platí vztah a sice:

činitele stojatých vln (CSV) lze stanovit z činitele odrazu ρ

$$\sigma = \frac{1 + \rho}{1 - \rho} \quad (5)$$

Podobně činitel odrazu ρ z CSV

$$\rho = \frac{\sigma - 1}{\sigma + 1} \quad (6)$$

Činitel zkracení. Je-li mezi vodiči vý vedení jiný izolační materiál než vzduch, není v tomto případě rychlosť šíření elektromagnetického vlnění rovna rychlosti šíření světla, avšak je menší podle vlastností použitého izolantu. Následkem toho je vlnová délka signálu, který přenáší vý vedení, vždy kratší, než ve volném prostředí. Tento jev charakterizuje činitel zkracení, který určuje, o kolik je elektrická délka (délka vlny na vý vedení) menší než délka vlny ve volném prostředí. Tento činitel závisí pouze na vlastnostech použitého izolačního materiálu a je udáván výrobcem

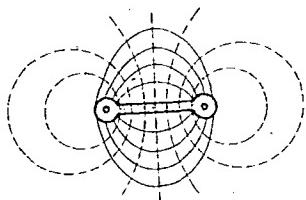
u pěněného polyetylenového dielektrika je 0,81,

u pevného polyetylenového dielektrika je 0,66.

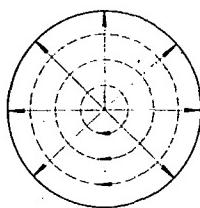
Délka vedení, odpovídající elektrické délce jedné vlny

$$\lambda = \frac{300 \times 10^6}{f} \times 0,81; \text{ popř. } \times 0,66 \quad [\text{m}] \quad (7)$$

Těsnost vedení a volba použití. U vedení požadujeme, aby přenášelo elektromagnetickou energii s pokud možno minimálnimi ztrátami a aby energii samo nepřijímalo ani nevyzařovalo. Rozložení elektromagnetického pole v okolí souměrného dvojvodičového vedení a souosého nesouměrného vedení je na obr. 6 a 7.



Obr. 6. Rozložení elektrického (—) a magnetického (---) pole u souměrného vf vedení



Obr. 7. Rozložení elektrického (—) a magnetického (---) pole u souosého (nesouměrného) vf vedení

Vidíme, že u souměrného dvojvodiče (především v páskovém provedení) probíhá elektromagnetické pole nejen v izolačním obalu, ale též v jeho okolí. To znamená, umístíme-li do okolí dvojvodiče nějaký předmět, ovlivníme základní vlastnosti tohoto vedení. Navíc dvojvodič v páskovém provedení vyhoví pouze pro rozvod signálů I. a III. TV pásmá. Při vyšších kmitočtech se jeho útlum rychle zvětší. Základní podmínkou pro jeho montáž je, že musí být vzdálen od okolních předmětů, zvláště kovových, alespoň o desetinásobek vzdálenosti obou vodičů. Působením povětrnosti a slunečním zářením se jeho vlastnosti značně zhoršují.

Výhodnější je dvojvodič s pěněným dielektrikem podle obr. 3c, neboť málo podléhá vlivům počasí (ovšem za předpokladu, že ochranný vnější obal je neporušen) a je lepší i po stránce větnosti.

U souosého vedení je elektromagnetické pole pouze mezi vnitřním vodičem a vnějším stínícím opletením, proto odpadá zcela vliv okolního prostředí. Je ho proto možné monitovat přímo na nebo pod omítku nebo do ocelových trubek. Je pouze nutno dbát jed-

nak na povolený poloměr ohýbu, jednak na zatištění tahem, aby se neporušila souosost vedení.

Určitým nedostatkem těchto kabelů je elektrická těsnost: vnější stínící pláště se totiž vyrábí ve formě opletení z měděných drátků, což má za následek určitou netěsnost, takže větě energie může při silném vnějším elektromagnetickém poli prosakovat do vedení a podobně může větě energie též vyzářována.

Další nedostatek vyplývá též z konstrukčního provedení: vodiče, z nichž se skládá stínící pláště, oxidují a tím ztrácejí vzájemné vodičové spojení. Vlastnosti takového kabelu se neúměrně zhoršují. K tomu dochází zvláště při venkovním použití vlivem povětrnosti a slunečního záření. Z toho důvodu je nutno jako venkovní svod používat buď kabel se zvláštním povrchovým (polyetylénovým) ochranným pláštěm, nebo raději kabel, u něhož je stínící pláště tvoren svárováným měděným plechem. Jeho vlastnosti jsou dokonale stálé. Nevhodná je však jeho značná tuhost a velký přípustný poloměr ohýbu, což ztížuje práci při instalaci.

Určení úrovně pomocí decibelů

Decibel (označení dB) je jedna desetina belu (B), přičemž se jedná o jednotku útlumu nebo zesílení a to výkonového. Můžeme ji určit útlum nebo zisk, který vznikne v určité stavební jednotce (v našem případě anténního zařízení). Tuto stavební jednotku (ať se již jedná o určitou délku kabelu nebo zesilovače) si můžeme představit jako krabičku se dvěma vstupními a dvěma výstupními svorkami. Měřením můžeme zjistit výkon, který do této stavební jednotky přivádíme (P_{vst}) a který na výstupu získáváme (P_{vys}). Zisk nebo ztráty (a) jsou potom dány poměrem

$$a = \frac{P_{\text{vst}}}{P_{\text{vys}}} \quad (8)$$

Vzhledem k tomu, že decibel je logaritmická jednotka, bude

$$a = \log \frac{P_{\text{vst}}}{P_{\text{vys}}} \text{ v belech [B],}$$

$$a = 10 \log \frac{P_{\text{vst}}}{P_{\text{vys}}} \text{ [dB]} \quad (9)$$

V anténní technice však většinou nepracujeme s výkony, ale s napětími. Všechny stavební jednotky však musí mít na vstupu i výstupu impedanci $Z_0 = 75 \Omega$ nebo 300Ω . Můžeme proto poměr výkonů nahradit poměrem kvadrátů napětí. Bude potom

$$a [\text{dB}] = 10 \log \left(\frac{U_{\text{vst}}}{U_{\text{vys}}} \right)^2 = \\ = 20 \log \frac{U_{\text{vst}}}{U_{\text{vys}}} \quad (10)$$

Pro počítání s [dB] můžeme použít bud logaritmické tabulky, kalkulačku nebo nomogram (obr. 8 a).

Tento na první pohled složitý přepočet umožnuje podstatně zjednodušit výpočty úrovní u anténních zařízení. Zisk nebo útlum jednotlivých dílů se totiž udává v [dB] a výsledný zisk nebo útlum a z něho vyplývající úroveň se potom vypočítají prostým sčítáním nebo odečítáním.

Úroveň můžeme totiž definovat jako počet požadovaného výkonu k určité vztazné hodnotě výkonu. Jako vztazný byl určen výkon definovaný efektivní velikostí napětí $1 \mu\text{V}$ na odporu 75Ω . Napěťové úrovně proto vztahujeme k napětí $1 \mu\text{V}$ (na 75Ω) a označujeme je [$\text{dB}_{\mu\text{V}}$]. Napětí $1 \mu\text{V}$ potom odpovídá úrovni $0 \text{ dB}_{\mu\text{V}}$, napětí $10 \mu\text{V}$ úrovni $20 \text{ dB}_{\mu\text{V}}$ atd. Přehledně je převod napětí na velikost úrovně v [$\text{dB}_{\mu\text{V}}$] uveden na obr. 8a.

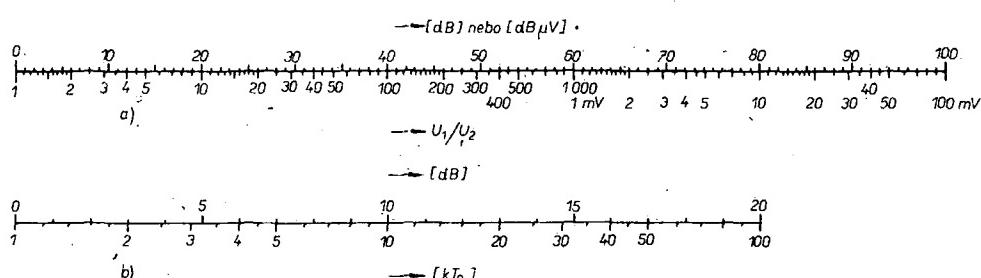
Budeme-li kombinovat nesymetrické (souosé) provedení anténního zařízení se symetrickým, nesmíme zapomenout, že se charakteristická impedance mění ze 75Ω na 300Ω . Pro zachování stejné výkonové úrovně se proto musí zvětšit napěťová úroveň $2 \times$, tj. o 6 dB .

Rušivé vlivy na jakost obrazu

Činitelé, kteří ovlivňují jakost obrazu, jsou jednak vnější, jednak vnitřní. Mezi vnější patří především zdroje rušivých signálů (špatně odrušené elektrické spotřebiče) a rušení cizími vysílači a odrázy. Rušivé jevy v rozvodu mohou vznikat jednak při nedokonalém provedení, jednak při přeživení použitých zesilovačů. Speciálním druhem rušení je šum. Pro získání jakostního obrazu je výhodnější, je-li v místě příjmu slabší signál než signál silný a zkreslený. Při určení jakosti přijímaného signálu je hlavním kritériem poměr mezi úrovní užitečného signálu a rušením.

Rušení cizími zdroji. Jediným způsobem, jak omezit rušení cizími zdroji je použít dokonalé směrové antény se stíněným svodem. Vlivem směrového účinku antény se totiž omezí vliv signálů, které přicházejí z jiného směru, a užitečný získáme naopak v dostatečné síle. Mimo to je vhodné umístit anténu tak, aby byla co nejvíce vzdálena od rušivého pole elektrických spotřebičů (co nejvýše). V tom případě je však nutné použít jako svod souosý kabel a navíc instalovat zařízení tak dokonale, aby do něho nemohly pronikat rušivé signály.

Odrázy mohou vznikat dvěma způsoby. Bud odrázem elektromagnetických vln od překážek nebo vlivem špatného přezpůsobení v rozvodu. V každém případě značně zhoršují obraz, což se projeví jako vícenásobný



Obr. 8. Nomogram k určení vztahu dB k poměru napětí U_1/U_2 nebo úrovně napětí v dBuV k napětí ve V (a); monogram k převodu šumového čísla v kT_0 na dB

posunutý obraz (duch). Získat jakostní signál má prvořadou důležitost, chceme-li mít dobrý TV obraz. Nejobjížnější podmínky pro získání jakostního obrazu z hlediska vzniku vícenásobného obrazu vznikají právě v blízkosti vysílače vlivem odrazů od nerovností terénu, ale též od velkých budov, komínů, kovových konstrukcí apod. Částečně lze tyto nezádoucí příjmy potlačit použitím dokonalé směrové antény, přičemž je nutno pečlivě volit i její polohu a umístění.

Druhým zdrojem vícenásobných obrazů je nedokonalost provedení rozvodu. Jak již bylo řečeno, rovnadějí se TV signálny vedením o charakteristické impedanci 75Ω . Musí ji mít proto všechny připojené díly. Není-li v některém místě rozvodu tento požadavek splněn, vznikají tam odrazy. Může to být jak připojení nevhodného dílu, tak poškození kabelu nebo nedostatečnou péčí při montáži. Odražená energie potom přichází do přijímače zpožděná. Doba zpoždění závisí na délce vedení, kterou musí odražený signál proběhnout. To je důležité, protože signálny zpožděné o méně než $0,1 \mu s$ se na TV obrazovce projeví jen omezeně. Prakticky to znamená, že se neprojeví odrazy, vzniklé při použití kabelu s plným dielektrikem ve vzdálenosti do 20 m a při použití kabelu s pěněným dielektrikem do 25 m .

Při odrazech ve větších vzdálenostech je žádoucí, aby byl odražený signál potlačen přibližně o 20 dB . Podle tab. 1 vidíme, že to znamená přípůsobení $\text{CSV} = 1,22$, kterého lze v některých případech dosáhnout jen obtížně. Z toho důvodu se používají v rozvodu zařízení se směrovými účinky, která zamzuží přístupu do TV přijímače signálu, který se šíří po vedení opačným směrem.

Tab. 1. Srovnávací tabulka veličin, podle kterých se určuje přípůsobení jednotlivých částí vedení

| Činitel odrazu | Poměr stojatého vlnění | Útlum odrazu [dB] |
|----------------|------------------------|-------------------|
| 0,005 | 1,01 | 46 |
| 0,01 | 1,02 | 40 |
| 0,02 | 1,041 | 34 |
| 0,03 | 1,062 | 30,5 |
| 0,04 | 1,083 | 28 |
| 0,05 | 1,105 | 26 |
| 0,06 | 1,128 | 24,4 |
| 0,07 | 1,151 | 23,1 |
| 0,08 | 1,174 | 21,9 |
| 0,09 | 1,198 | 20,9 |
| 0,1 | 1,222 | 20 |
| 0,15 | 1,353 | 16,5 |
| 0,2 | 1,5 | 14 |
| 0,25 | 1,667 | 12 |
| 0,3 | 1,857 | 10,8 |
| 0,35 | 2,077 | 9,1 |
| 0,4 | 2,333 | 8 |
| 0,45 | 2,636 | 6,9 |
| 0,5 | 3,0 | 6 |
| 0,6 | 4 | 4,4 |
| 0,7 | 5,867 | 3,1 |
| 0,8 | 9 | 1,9 |
| 0,9 | 19 | 0,9 |

Navíc je nutno zhotovit zásuvky pro připojení TV nebo rozhlasových přijímačů tak, aby změny impedance přístroje, který připojíme (právě tak jako tehdy, není-li do zásuvky připojen žádný přijímač) neměly vliv na ostatní rozvod a aby v tomto místě nemohly vzniknout odrazy. V doporučeném provedení rozvodu podle obr. 1 jsou přívody k účastníkům vedeny vždy buď z odbočovače nebo rozbočovače, které musí bezpečně oddělit přijímač od rozvodu.

Šum. Projevuje se na televizní obrazovce jako zrnění nebo sněžení. Je hlavním činitelem, který omezuje příjem slabých signálů. Skládá se ze šumu, který vzniká vnějšími vlivy a impedancí antény, a ze šumu aktivních prvků rozvodu a přijímače. Pro jakost obrazu je opět důležitý poměr mezi úrovní užitečného signálu a šumu.

Tab. 2. Nutná úroveň signálu s ohledem na šum

| Přijímaný kanál | K9 | K32 |
|---|---|---|
| Úroveň šumu z antény | $2 \text{ dB}\mu\text{V}$ | $2 \text{ dB}\mu\text{V}$ |
| Šum. číslo přijímače | 8 dB | 15 dB |
| Požadovaný odstup s/s | 40, popř. 30 dB | 40, popř. 30 dB |
| Nutná úroveň pro dokonalý obraz | $50 \text{ dB}\mu\text{V}, 320 \mu\text{V}$ | $57 \text{ dB}\mu\text{V}, 700 \mu\text{V}$ |
| Nutná úroveň pro ještě přijatelný obraz | $40 \text{ dB}\mu\text{V}, 100 \mu\text{V}$ | $47 \text{ dB}\mu\text{V}, 220 \mu\text{V}$ |

lem, který omezuje příjem slabých signálů. Skládá se ze šumu, který vzniká vnějšími vlivy a impedancí antény, a ze šumu aktivních prvků rozvodu a přijímače. Pro jakost obrazu je opět důležitý poměr mezi úrovní užitečného signálu a šumu.

Pro kmitočtová pásmá, která se používají pro přenos TV signálu, se vnější zdroje šumu neuplatní. Jako zdroj šumu působí pouze činný odpor antény. Z tohoto, předpokladu můžeme určit úroveň šumu, kterou způsobí anténa.

Tepelný šum odporu je úměrný šumové elektromotorické síle (E_t) s ideálním bezšumovým odporem v sérii:

$$E_t = \sqrt{4kT_0 fR} \quad (11)$$

kde k je $1,38 \cdot 10^{-23} [\text{Ws}/\text{K}]$,

T_0 teplota [$^{\circ}\text{K}$] ($20^{\circ}\text{C} = 293 \text{ K}$),

Δf ekvivalentní šumová šířka pásmá pro naši normu = $5,75 \text{ MHz}$,

$R = 75 \Omega$.

Po dosazení obdržíme, že $E_t = 2,64 \mu\text{V}$. Pro přizpůsobení systém, kdy impedance záťatky se musí rovnat impedance zdroje, bude šumové napětí na vstupu $E_t = \frac{1}{2} = 1,32 \mu\text{V}$, tj. asi $2 \text{ dB}\mu\text{V}$.

Toto šumové napětí na vstupu není možno nijak ovlivnit a je nutno s ním počítat. Navíc však přispívá k velikosti výsledného šumového napětí každý zesilovač, který je též sám zdrojem šumu. Šumové vlastnosti zesilovače určuje šumové číslo F . Můžeme ho definovat jako poměr poměru signálu k šumu na vstupu a výstupu zesilovače.

$$F = \frac{(s/\xi) \text{ vst}}{(s/\xi) \text{ výst}} \quad (12)$$

Jinak lze šumové číslo určit pomocí šumové energie, udávané ve W/Hz . Ideální zesilovač, který nepřidává žádný šum, má šumovou energii 1 kT_0 , což odpovídá výkonu $4 \cdot 10^{-21} \text{ W}/\text{Hz}$. Vidíme, že právě tak podle výrazu (12) je šumové číslo ideálního zesilovače $F = 1$.

V praxi se nejčastěji udává šumové číslo v $F[\text{dB}]$. V tom případě

$$F[\text{dB}] = 10 \log F[kT_0].$$

Zařadíme-li n zesilovačů do kaskády, platí výsledné šumové číslo

$$F_n = F_1 + \frac{F_2 - 1}{a_{p1}} + \frac{F_3 - 1}{a_{p1} + a_{p2}} + \dots + \frac{F_n - 1}{a_{p1} + \dots + a_{p(n-1)}} \quad (13)$$

kde a_{p1} až a_{pn} je výkonový zisk prvního až n ho stupně.

Je-li zisk prvního stupně dostatečně velký, neuplatní se již šum dalších zesilovačů. Nesmíme však zapomínat, že pokud mezi jednotlivými zesilovači bude kabel, musíme zisk předcházejícího zesilovače zmenšit o útlum kabelu použité délky.

U běžně používaných TV přijímačů musíme počítat na rozsahu VHF, tj. v I. až III. pásmu s šumovým číslem $F = 8 \text{ dB}$, v rozsahu UHF, tj. ve IV. a V. pásmu 15 dB nebo více. U výkonného zesilovače je možno při-

použít kvalitních tranzistorů dosáhnout šumového čísla ná kmitočtech IV. a V. TV pásmá až $F = 6 \text{ dB}$.

Pro dosažení jakostního obrazu je, jak již jsme uvedli, důležitý odstup úrovně šumu od signálu. Šum se na obrazu projevuje při úrovni signálu větší o 40 dB (tj. $100 \times$ větší), než je úroveň šumu. Při odstupu 30 dB je již značně patrný.

Na základě těchto poznatků již můžeme určit nútý signál z antény. Uvažujeme nejprve nejjednodušší případ, kdy příslušnou anténu napájíme přímo televizní přijímač pomocí krátkého svodu, jehož útlum nemusíme uvažovat. Potřebná kalkulace je v tab. 2. Jsou uvažována šumová čísla běžně dosahovaná u TV přijímačů v rozsahu I. až III. a IV. až V. pásm a odstup s/s pro dokonalý a ještě přijatelný obraz.

Norma ČSN 34 2830 udává jako min. signál zaručovaný na výstupu účastnické zásuvky o $Z_0 = 75 \Omega$ pro I. až III. TV pásmo $5 \text{ dB}\mu\text{V}$ a pro IV. a V. pásmo $60 \text{ dB}\mu\text{V}$.

Pokud musíme použít dlouhý svod, je nutno podle jeho délky a použitého typu kabelu přičít k úrovním v tab. 2 ještě velikosti útlumu pro příslušný kabel a kmitočet. Nutná úroveň signálu bude proto větší.

Nárok na úroveň signálu změníme použitím anténního předzesilovače, který má menší šumové číslo než TV přijímač a tak velké zesílení, aby po odečtení úbytků v kabelu byl výsledný zisk tak velký, aby se šum TV přijímače neuplatnil.

Podobná úvaha platí i pro rozhlasové přijímače VKV-FM. Nároky na velikost vstupního signálu jsou však podstatně menší. Je to způsobeno podstatně menší šířkou pásm rozhlasových přijímačů. Podle uvedené normy je nutno, aby signál na zásuvce byl pro modulaci mono $40 \text{ dB}\mu\text{V}$ a pro stereo $50 \text{ dB}\mu\text{V}$.

Rušení způsobené přebuzením vznikají tehdyn, přivedeme-li na vstup zesilovačů používaných v rozvodu příliš velký signál. V tom případě budou přebuzeny, čímž vzniknou nezádoucí produkty a to bud intermodulace mezi nosnými signály obrazu, zvuku a popř. barev u jednoho přijímaného programu, nebo křížovou modulací mezi signály různých vysílačů.

Intermodulace jednotlivých nosných signálů má za následek vznik dalších signálů, tak zvaných intermodulačních produktů. Ty, které budou v oblasti přenosových kanálů vlastního nebo jiných přijímaných TV programů, budou působit stejně jako jiné vnější zdroje signálu, tj. způsobí interferenci s nosnou obrazu a jejimi postranními pásmeny moří (tj. černobílé nebo barevné pruhy přes celou obrazovku).

Křížová modulace se může na rozdíl od intermodulace projevit pouze při přenosu několika TV signálů. Výsledkem je přenos modulace silného signálu na slabší, pokud jsou všechny současné zesilovány širokopásmovými zesilovačem. K tomuto jevu může dojít zejména tehdyn, chceme-li v místě, kde je silné pole místního vysílače, přijímat slabé signály vzdálených vysílačů. V takovém případě se musíme postarat vhodnou volbou

a natočením antény (nebo selektivním odložováním) o zeslabení signálu místního vysílače. Používáme-li při napájení většího počtu přijímačů zemskou anténu, je prvním předpokladem jeho správného využití nutnost vyrovnat všechny přijímané signály na stejnou úroveň. Přitom samozřejmě nesmí výstupní úroveň zemského vysílače překročit maximum, stanovené pro zvolený typ.

Rušení způsobené dalšími přijímači se může vyskytnout pouze tam, kde je možno pomocí rozvodu současně provozovat více přijímačů, až i rozhlasových, nebo televizních. V tom případě může signál místního oscilátoru a jeho harmonické kmitočty (a to jak přijímačů TV, tak rozhlasových VKV-FM) „padnout“ do pásem dalších přijímačů TV programů a v nich způsobit záZNĚJE. Z toho důvodu musí být jednotlivá připojovací místa pro přijímače vzájemně oddělena. Při rozvodu podle obr. 1 to znamená, že budou musí být odbočovací a rozbočovací útlum tak velký, aby tento požadavek zaručil, nebo musí mít směrové vlastnosti.

• Rozvod s velkým útlumem je nevhodný s ohledem na nutnost vstupního signálu velké úrovně. Lepší je proto provedení, při němž používáme členy se směrovými účinky. V tomto případě je dopředný útlum, tj. útlum rozváděného signálu poměrně malý, zatímco zpětný útlum, tj. útlum signálu, které produkuje přijímač při cestě zpět do rozvodu, je mnohem větší.

Vlastnosti, způsob použití a realizace jednotlivých dílů

Na základě získaných vlastních představ o názvosloví a funkci jednotlivých dílů, z nichž je možno sestavit malý domovní rozvod, můžeme nyní přistoupit k bližšímu popisu vlastností, způsobu řešení a konstrukčního provedení jednotlivých stavebních jednotek a celků. Přitom se budeme snažit maximální měrou o to, abychom využili výrobků, které jsou dosažitelné na našem trhu.

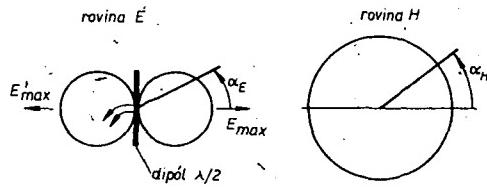
Antény

Antennní systém je jedním z nejdůležitějších pasivních prvků televizního rozvodu. Zásadním způsobem ovlivňuje jak amplitudu, tak kvalitu přijímaného signálu – proto mu věnujeme značnou pozornost. Je však nutno předeslat, že tato část není koncipována jako návod na stavbu TV antény. Na toto téma výšlo již dosti publikací (např. publikace ing. M. Českého). Navíc naš trh je anténami relativně dobře zásoben. Prodávané antény byly laboratorně kontrolovány a třebaže všechny připomínky nebyly realizovány, jejich elektrická úrovně je uspokojivá. Amatér nemá většinou možnost nastavit antény lépe. Účelem následujících odstavců je seznámit čtenáře s elektrickou problematikou antén, naučit se jim rozumět a umožnit mu reálně je posoudit a vybrat si vhodný typ. Bude-li zisk prodávaných antén pro zamýšlený účel malý, je možno v krajním případě uvažovat o jeho zvětšení sestavením několika antén, jež jsou k dispozici, ve složenou anténní řadu. Tuto eventualitu následující odstavce berou v úvahu.

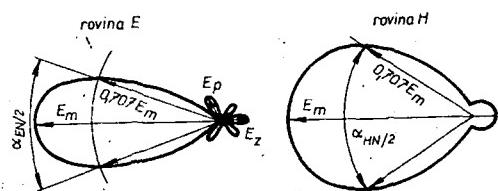
Než však přistoupíme k vlastním anténám, probereme alespoň stručně jejich jednotlivé parametry, popř. pojmy, které se vyskytují v anténní technice.

Polarizace určuje orientaci elektrického vektoru elektromagnetického pole, které anténa přijímá, popř. vyzářuje. Prakticky to znamená, že anténa přijímá ty složky pole, které mají shodnou orientaci s vyzářujícími částmi antény (např.: dipól, direktor, reflektor příp. jiné zářice).

Televize používá převážně horizontální



Obr. 9. Vyzařovací diagram půlvlnného dipolu



Obr. 10. Vyzařovací diagram směrové antény

polarizaci, v menší míře polarizaci vertikální. Polarizace elektrických vektorů se obvykle nemění ani při šíření na větší vzdálenosti, případně i mimo oblast přímé viditelnosti. Výjimečně může k určitém změnám dojít vlivem odrazu nebo sekundárního vyzářování vodivých či polovodivých překážek. Téměř vždy je však optimální orientace přijímací antény shodná s orientací vysílající antény.

Vyzařovací diagram definuje závislost výstupního napětí antény na směru, z něhož je signál přijímán (vysílan). Vyzařovací diagram se obvykle měří ve dvou rovinách. Jednak v rovině zářicí antény, tj. v tzv. rovině E (rovině elektrického vektoru), jednak v rovině H, tj. kolmo na rovinu zářicí (rovině magnetického vektoru elektromagnetického pole).

Vyzařovací diagram dipulu je na obr. 9. Je zřejmé, že dipol má v rovině zářice (rovině E) – v praxi tedy horizontálně orientovaný – osmičkový vyzařovací diagram s maximem kolmo na zářici, minimem ve směru zářice. Diagram je měřen v závislosti na úhlu α_E .

V rovině H (vertikální dipol) je příjem v závislosti na α_H konstantní, diagram je kruhový.

V praxi se tato anténa považuje za normální zisku. Zisk ostatních antén udává, o kolik decibelů je jejich zisk větší než zisk dipulu.

Vyzařovací diagram typické směrové antény (obr. 10) má jeden hlavní paprsek (halok), u něhož se udává jeho šířka $\alpha_{H/2}$ pro pokles signálu o 3 dB, tedy na 0,707 maxima E_m , a dále několik postranních paprsků, z nichž největší je označen jako E_p a zadní E_z .

U diagramů v obr. 10 je výrazný rozdíl mezi rovinami H a E. Je to typické pro antény se ziskem menším než 8 dB. V rovině E se totiž uplatňuje osmičkový vyzařovací diagram jednotlivých zářicí (dipolů, reflektorů, direktorů), který výrazně zlepšuje směrové vlastnosti celé antény. Tato skutečnost je důležitá pro praxi – s horizontální anténu lze

lépe „potírat“ nežádoucí odražené signály, způsobující „duchy“.

Důležité parametry vyzařovacího diagramu jsou:

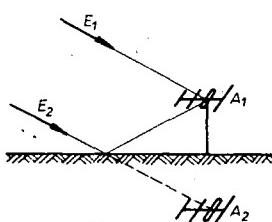
$\alpha_{E/2}, \alpha_{H/2}, \dots$ šířka hlavního paprsku pro rovinu E a H, ČZZ ... činitel zpětného záření, což je poměr

$$\text{ČZZ} = \frac{E_p}{E_z}, \text{ popř. } \text{ČZZ} = 20 \log \frac{E_p}{E_z} [\text{dB}] \quad (13)$$

Někdy se využívá též činitel postranního záření

$$\text{ČPZ} = \frac{E_m}{E_p} \quad (14)$$

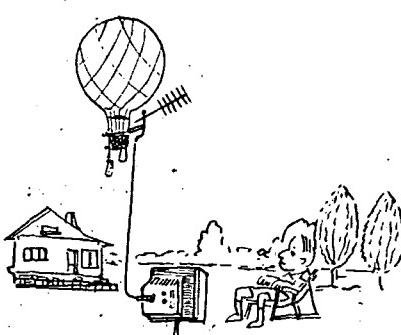
Vratme se ještě jednou k obr. 9 a 10. Vyzařovací diagram antény je měřen za ideálních podmínek – ve volném prostoru. Ve skutečnosti jsou však antény umístěny nad polovodivou rovinu – zemi. Tato skutečnost se projeví ve tvaru skutečného verikálního vyzařovacího diagramu. Pro horizontální anténu tedy v rovině H, pro vertikální v rovině E. Situace je schématicky znázorněna v obr. 11. Na anténu (A_1) dopadají dva paprsky:



Obr. 11. Vliv země na příjem

průměr (E_1) a odražený od země (E_2). Odraz lze nahradit příjemem fiktivní antény (A_2). Tím vznikne dvouprvková anténní řada s nestejnými amplitudami a fázemi proudů, které záleží na vodivosti země a polarizaci antény. Skutečnou vodivost země na TV kmitočtech lze vyjádřit komplexním číslem, v žádném případě však země není dokonalý vodič, jak se někdy v idealizovaných případech udává.

Typický vertikální diagram je v obr. 12. Poloha a velikost minim je mimo vodivost země dána též výškou antény nad zemí. Obecně platí, že se zvětšující se výškou antény se zmenšuje úhel prvého maxima, příjem antény poblíž horizontu se zvětšuje.





Obr. 12. Vertikální diagram směrové antény nad zemí

Je-li tedy signál dodávaný anténou malý, je vhodné pokusit se zvětšením výšky dosáhnout zlepšení. Zmenšení výšky úhlu prvního maxima vyzařovacího diagramu vůči horizontu lze daleko dosáhnout umístěním antény do roviny skloněné (přivrácené) směrem k vysílači. Tato skutečnost je obzvláště důležitá pro dálkový příjem. S anténami umístěnými na svahu přivráceném k vysílači se dosahuje překvapivý výsledek.

Zisk, v praxi tzv. provozní zisk je dán poměrem signálu (napětí nebo výkonu), přijímaného směrovou anténu, k signálu přijímanému půlvlnným normálovým dipólem. Přitom normálová anténa musí být dokonale impedančně přizpůsobena, obě antény namířovány na maximum příjmu, umístěny v homogenním elektromagnetickém poli. Posledně jmenovaná podmínka znamená, že elektromagnetické pole, v němž jsou obě antény umístěny, musí být prosto odražených signálů a to jak od přirozených a umělých odrazových objektů, tak i odrazů od země (popř. odrazy od země nesmí ovlivňovat měření). Zajistit všechny výše uvedené podmínky je možné pouze na profesionálním pracovišti. To je také důvod, proč některá měření zisku často dávají překvapivé, někdy „zázračné“ výsledky.

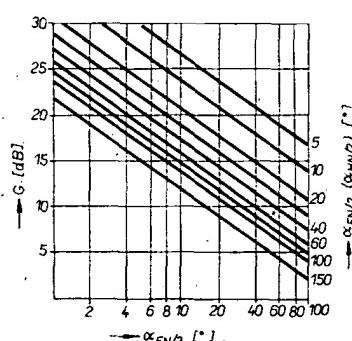
Zisk se obvykle vyjadřuje v [dB]. Jsou-li oba signály (tj. z normálového dipólu a měřené antény) vyjádřeny napěťově (E_d , E_m) pak je zisk dán

$$G = 20 \log \frac{E_m}{E_d} \quad [\text{dB}]$$

nebo výkonově

$$G = 10 \log \frac{N_m}{N_d} \quad [\text{dB}] \quad (15)$$

Cím je zisk ovlivněn? Především je to směrovost vyzařovacího diagramu, v menší míře impedančním přizpůsobením, které předpokládáme relativně dokonalé (u TV antén $\text{CSV} \leq 2,5$). Zanedbatelný je vliv účinnosti. Pokud je úroveň postranních a zadních laloků malá; tj. $\text{CZZ}, \text{CPZ} \leq 15 \text{ dB}$ je zisk antény dán prakticky pouze šírkou hlavního laloku v obou-rovinách $\alpha_{EN/2}, \alpha_{IN/2}$. Přehledně je tato závislost zpracována graficky v obr. 13. Je to jeden z nejdůležitějších grafů používaných v anténní technice. Jeho rozšíření



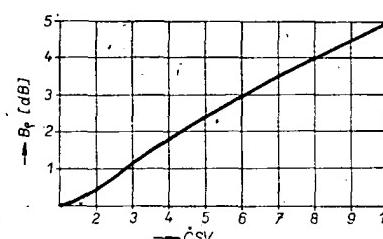
Obr. 13. Zisk antény v závislosti na šířce hlavního laloku

ření do amatérské praxe jistě poslouží likvidaci různých mýtů o nadziskových anténách. Je zpracován pro impedanční přizpůsobení $\text{CSV} = 1$. Ve skutečnosti bude tedy zisk ještě o něco menší (asi o 0,5 dB).

Impedanční přizpůsobení antény je pojem, s nímž se v anténní technice setkáváme velmi často. Obvykle jej definují dva parametry: jmenovitá impedance antény (Z_m) a poměr (činitel) stojatých vln (CSV), který někdy nahrazuje činitel odrazu ρ . Z_m by měla být přibližně střední hodnota vstupní impedance antény (Z_i). Vzhledem k tomu, že anténu upravujeme pro maximální přenos výkonu do vedení a z něho do přijímače, je nutno, aby jmenovitá impedance antény byla blízká charakteristickému odporu vedení (Z_0), tj. buď 75Ω pro přenos souosým kabelem, nebo 300Ω pro přenos dvojlinky. Televizní přijímací antény mají věsměs $Z_m = 300 \Omega$. Má to tu výhodu, že pro ně můžeme použít dvojlinku 300Ω přímo, nebo kabel 75Ω , vložíme-li mezi anténu a napáječ transformační symetrikační obvod např. podle obr. 51.

Jak je uvedeno v kapitole se všeobecnými pojmy, původní význam CSV je poměr mezi maximem a minimem stojatých vln na vedení, popř. je to poměr mezi vlnou odraženou a přímou. Na našem případě je však vedení zakončeno vstupním impedančním přijímače, a ta určuje stojaté vlny na napáječi. CSV nemá zde svůj původní význam, nýbrž je mírou odchylky Z_m od Z_0 , tedy mírou impedančního nepřizpůsobení. Čím větší CSV , tím větší odchylky Z_m od Z_0 . Tak např. maximální reálný odpor antény $R_{\text{a}, \text{max}} = Z_m \times \text{CSV}$, minimální $R_{\text{a}, \text{min}} = Z_0 / \text{CSV}$.

Přímým důsledkem impedančního nepřizpůsobení jsou především přenosové ztráty (ztráty odrazem). V obr. 14 najdeme ztráty odrazem (B_d) jako funkci CSV .



Obr. 14. Ztráty odrazem

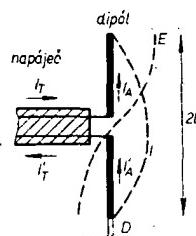
me nikdy přímo spojovat se souosým, tedy nesymetrickým napáječem. Mezi symetrickou anténu a nesymetrickým napáječem musíme vždy vložit symetrikační prvek, a to i tehdy, když anténa má $Z_0 = 75 \Omega$, což je Z_0 napáječe. Při přímém spojení symetrické antény a nesymetrického napáječe se spoji anténa a vnější povrch napáječe, který pak může pracovat jako přijímací anténa – ovšem s nevhodným vyzařovacím diagramem. Signál z vnějšího povrchu napáječe a ze skutečné antény se vektorově sečtou. Výsledkem může být deformace vyzařovacího diagramu, zmenšení zisku, CZZ , zhoršení impedančního přizpůsobení.

O výhodách a nevhodných dvojlinkách a sousoších kabelů jsme již pojednali dříve. Z hlediska anténní techniky lze říci pouze tolik, že v profesionální praxi se dvojlinka vůbec nepoužívá. Nelze totiž dosti dobré zajistit stálost jejich přenosových vlastností (vliv okolí, povětrnosti apod.). Též v našem případě by její použití mělo být spíše výjimkou.

V žávru této části je nutno se zmínit o **rozřídění antén**. Televizní přijímací antény lze pro běžnou praxi rozdělit na jednotlivé zářiče, jednoduché anténní řady (jednoduché antény směrové) a složené anténní řady. Základem jsou jednotlivé zářiče. Z nich lze sestavit jednoduché anténní řady, z těch pak složené anténní řady. Co vlastně rozumíme pod pojmem anténní řada? Je to seskupení jednotlivých zářičů (jednoduché řady) či skupin zářičů (složené řady) vhodně vybavených a nafázovaných tak, aby výsledkem bylo zvětšení zisku, nebo požadovaná úprava tvaru vyzařovacího diagramu.

Jednotlivé zářiče

Až na naprosté výjimky je základem dnešních antén pro příjem televize **dipól**, popř. jeho modifikace. Základní tvar dipólu spolu se symetrickým napáječem je na obr. 15.



Obr. 15. Proudové proudy na napáječi a anténě

Je ovšem nutno si uvědomit, že impedanční nepřizpůsobení způsobuje nejen anténu, ale také přijímače. Výsledné nepřizpůsobení může v nejnepríznivějším případě dosáhnout hodnot, daných součinem CSV antény a přijímače. Skutečný výsledný CSV pro ten který kmitočet je možné určit pouze tehdyn, známe-li přesnou impedance antény i přijímače.

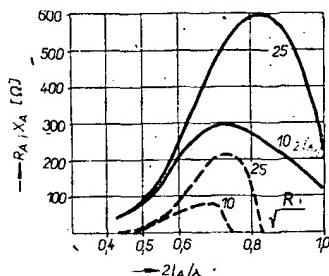
Výstupní napětí antény (U_A) je přibližně dánou velikostí elektromagnetického pole E_d , obvykle vyjádřeného v $[\mu\text{V}/\text{m}]$, provozním kmitočtem f [MHz], ziskem antény G vyjádřeným napěťově a její impedance ($Z_A = R_A$).

$$U_A = \frac{47,75 E G}{f} \sqrt{\frac{R_A}{72}} \quad (16)$$

Výraz platí při dokonalém impedančním přizpůsobení antény a zářeze, což je u TV přijímacích antén málok splněno. Případný výpočet má pak jen orientační charakter.

Připojení antény na **napáječ**, popř. volba typu napáječe jsou problémy, které nelze v žádném případě podceňovat. Veškeré TV přijímací antény, které jsou v ČSSR k dispozici, jsou symetrické. Takové antény nesmí-

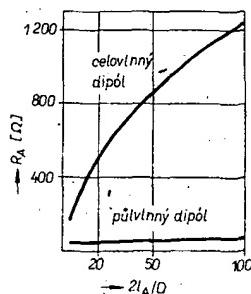
jsou v ideálním stavu (dokonalá symetrie celé soustavy) stejně velké a pootočené fázově o 180° . Jejich vyzařování (příjem) se prakticky ruší, linka energii pouze transportuje. Při přechodu na anténu (v obr. 15 je to dipól) mění svou vzájemnou orientaci v prostoru, jsou shodně orientovány, stávají se proudy soufázovými, tj. anténními (I_A a I_A') a vyzařují. Výstupní impedance dipólu je pak dána poměrem vektorů napětí a proudů v místě buzení. Jelikož anténa vyzařuje, má reálný odběr energie, v její vstupní impedance se objeví reálná složka. Proud a napětí vytvářejí na anténě především stojaté vlnění (viz obr. 16), u tlustých nebo dlouhých antén se objevují i složky s postupným vlněním.



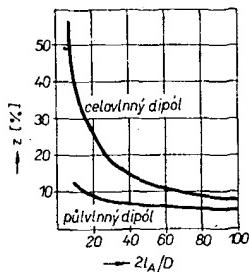
Obr. 16. Průběh impedance dipólu.

$$\left(\frac{2l_A}{D} \right) \text{ křivky } 25 \text{ a } 10$$

Typické průběhy vstupní impedance ($Z_A \doteq R_A \pm jX_A$) v závislosti na délce antény $2l_A$ pro různé tloušťky D jsou v obr. 16. Pro délky $2l_A \doteq \lambda/2$ (půlvlna) je vstupní impedance v sériové rezonanci, pro $2l_A \doteq \lambda$ v paralelní rezonanci (antirezonanci). Povšimněme si též typického vlivu tloušťky D valcového dipólu: s rostoucí tloušťkou se zmenšuje všeobecně jalová složka, obzvláště v okolí antirezonance a výrazně se zmenšuje reálná složka, opět především v antirezonanci. Konečně je to posuv obou rezonancí směrem ke kratším fyzikálním délкам l_A , anténa se zkraje. Vliv tloušťky $(2l_A/D)$ na reálný vstupní odpor půlvlnného a celovlnného dipólu je v obr. 17. Závislost zkrácení z (o kolik % je $2l_A$ kratší než $\lambda/2$) na tloušťce je v obr. 18. Ovlivnění R_A a Z tloušťkou je jednak výsledkem změny proudového obložení, jednak důsledkem různé kapacity konců antény.



Obr. 17. Vstupní reálný odpor dipólu



Obr. 18. Zkrácení dipólu

Obecně bývá běžný dipól provozován jako anténa se jmenovitou impedancí $Z_{AN} = 75 \Omega$, tedy jako půlvlnný, spojený s napájecím obvodem podle obr. 15, nebo pro $Z_{AN} = 300 \Omega$ jako celovlnný, napájený symetrickým vedením nebo se symetrikačním transformátorem podle obr. 51 a souosým napájecem 75Ω .

Vyzařovací diagram v rovině H (kolmo na záříčí) je kruh, v rovině E (rovina záříče) se diagram mění s délkou antény (2l_A). Tato závislost je v obr. 19 spolu s údaji o šířce hlavního paprsku ($\alpha_{N/2}$). Je vidět, že použitelné délky jsou $2l_A \doteq 0,5 \lambda$ až $1,2 \lambda$. Maximální zisk je pro $2l_A \doteq 1,2 \lambda$, pak se začne diagram štěpit natolik, že je pro naše účely nepoužitelný. Pro délky kratší než $2l_A \doteq 0,5 \lambda$ se vyzařovací diagram sice příliš nemění, použitelnost takových antén je však omezená vzhledem k malému vstupnímu reálnému odporu. S použitím dosti náročných přizpůsobovacích obvodů se tyto „zkrácené antény“ používají jako pokojové, příp. prospeciální komunikační účely. Jako televizní přijímací anténa se používá normální dipol především ve formě celovlnné, přičemž vstupní impedance je upravena tloušťkou na jmenovitou velikost $Z_{AN} = 300 \Omega$ (obr. 17). Termín „tloušťka“ v anténní technice neznamená nutně pouze tlustou trubku (jak je to naznačeno v obr. 20a), používají se nejrůznější modifikace ve formě rovninného útvaru z plechu či sitě (např. obr. 20b, c) nebo z tyče (obr. 20d, e, f), případně impedančně obzvláště výhodný útvar kónicky (obr. 20g). V případě, že celovlnný dipol je používán v užším kmitočtovém pásmu, lze ho s výhodou (u tyčových či páskových útvarů) galvanicky uzemnit v uzlu napětí (viz obr. 20a) na reflektor. Uzemnění má pak formu mechanické opěrky.

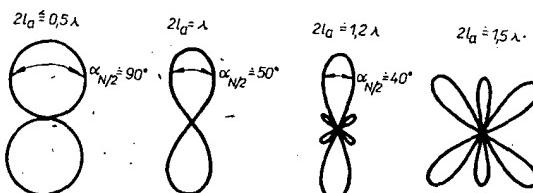
Běžný dipol (obr. 15) v půlvlnném provedení se jako TV přijímací anténa používá velmi zřídka. Nejčastěji jej nahrazuje tzv. *skládaný dipol*. Různé varianty této velmi oblíbené antény najdeme na obr. 21. Používá se především jako buzený zářící směrových antén (např. Yagiho antén): Zajímavostí

antény je skutečnost, že na ní existují současně proudy anténní (soufázové) I_{A1} , I_{A2} (obr. 21a) a linkové (I_{L1} , I_{L2}); I_{A1} jsou buzeny napájecím, I_{A2} vznikají vzájemnou vazbou s I_{A1} . Přítomnost I_{A1} , I_{A2} je výsledkem prosté skutečnosti, že obě poloviny antény jsou vlastně dvě na konci zkratované dvoulinky, uprostřed spojené do série. Jelikož anténa je provozována výlučně jako půlvlnná (přibližně), je délka obou těchto dvojlinek asi $2 \times \lambda/4$, jejich vstupní impedance pro linkové proudy je velmi velká a vůči vlastní antenní impedance se příliš neuplatňuje. Z výkladu je zároveň zřejmé, proč anténu nelze používat jako celovlnnou – linková impedance by zkratovala impedanci anténní.

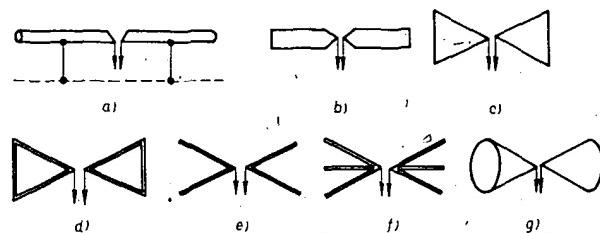
Velmi zajímavé jsou impedanční vlastnosti. V provedení podle obr. 21a má anténa jmenovitou impedanci $Z_{AN} \doteq 280 \Omega$, hodí se tedy výborně pro napájet 300 Ω.

Měníme-li poměr průměrů d_1 a d_2 , popř. rozteč D (viz obr. 21b, c), mění se Z_{AN} . Podrobnejší nás o tom informuje nomogram v obr. 22. Je zřejmé, že vstupní impedanci lze tímto způsobem rozsáhlý transformovat (Z_{D1} je impedance běžného dipolu, Z_{D2} je impedance skládaného dipolu). Dobře realizovat lze antény s $Z_{AN} = 150$ až 1000Ω . Je-li $d_1/d_2 < 1$, je $Z_{AN} > 280 \Omega$, pro $d_1/d_2 > 1$ je $Z_{AN} < 280 \Omega$. Možnost měnit vstupní impedanci antén se výhodně používá u skládaného dipolu, který pracuje jako buzený prvek antenní řady. U něj se totiž vlivem vazby na ostatní záříče zmenšuje reálný vstupní odpor, což lze tímto způsobem vyrovnat.

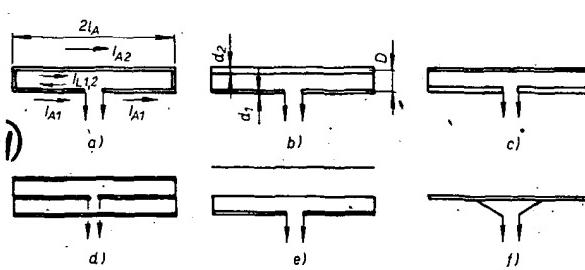
Po větší transformační poměry Z_{D2}/Z_{D1} je výhodnější trojnásobný skládaný dipol v obr. 21d, který v základním provedení transformuje impedance běžného dipolu (asi 70 Ω) 9×, tedy $Z_{AN} = 630 \Omega$.



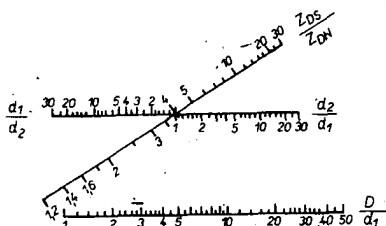
Obr. 19. Vyzařovací diagram dipólu pro různé délky (v rovině E)



Obr. 20. „Tlusté“ dipoly



Obr. 21. Skládané dipoly a jejich varianty; pro e) je délka $2l_A \doteq 0,45 \lambda$, $D \doteq 0,1 \lambda$



Obr. 22. Vstupní reálný odpor skládaného dipolu

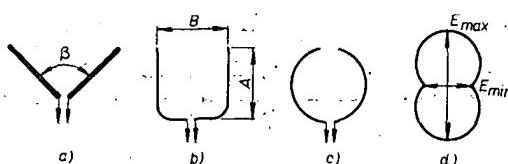
V posledních letech zdomácněl jako buzený prvek Yagiho antén záříč podle obr. 21e. Je to skládaný dipól, v jehož bezprostřední blízkosti je umístěn pasivní dipól, tzv. kompenzační direktor. Při rozměrech naznačených v obr. 21e se nejen zvětšuje vstupní reálný odpor, ale i výhodně upravuje průběh vstupní impedance, takže se výrazně zlepší impedanční širokopásmovost antény. Vyzařovací vlastnosti kompenzační direktor prakticky neovlivňují, neboť vzdálenost od vlastního skládaného dipolu je malá. Lze říci, že anténa je variantou třítyčkového skládaného dipolu.

Pro přehled je ještě možné zmínit se o tzv. bočníkovém dipolu (obr. 21f). Jde vlastně o úpravu dipolu na obr. 21b, u něhož byla zmenšena linková reaktance. Její vliv je u tohoto dipolu značný a výrazně se projevuje ve vstupní impedance antény, indukční složku je někdy nutno eliminovat zařazením patřičného kondenzátoru.

Fyzická délka skládaného dipolu je menší, než u prostého dipolu. Zhruba lze říci, že zkrácení je asi dvojnásobné, než pro dipol na obr. 18.

Mechanicky je skládaný dipól výhodný mimo jiné též skutečností, že jej lze uprostřed uzemnit, tj. galvanicky spojit s ráhmem.

Až doposud jsme mluvili o tzv. dipolech přímých. Existuje však celá řada ohnutých dipoli (obr. 23a, b, c). Význam úpravy tkví ve vytváření všeobecného vyzařovacího diagramu. Vyjde-li z přímého dipolu a zmenšujeme-li úhel β , vyplňují se minima osmičkového vyzařovacího diagramu, zmenšuje se poměr E_{max}/E_{min} z obr. 23d. Platí, že E_{max}/E_{min} je tím menší (blíží se jedničce), čím menší je β , popř. B/A .



Ohnutí dipolu vede nejen ke změně vyzařovaného diagramu, ale zmenšuje i vstupní odpor. Tento jev se kompenzuje použitím některé z variant skládaného dipolu podle obr. 21a až f.

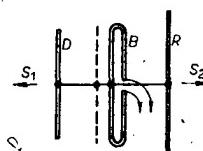
Jednoduché směrové antény (řady)

Pod tímto pojmem jsou méně směrové antenni řady sestavené z jednotlivých záříčí. Jednoduchých směrových antén je celá řada. V zásadě je lze rozdělit na antény s parazitními záříčí, na antény s plošným reflektorem, na antény s galvanicky buzenými prvky a konečně na antény s postupnou vlnou. Samozřejmě existují též kombinace jednotlivých typů. Pokud jde o TV přijímací antény,

pak většina vyráběných antén patří do prvních dvou skupin, téměř se také budeme věnovat především.

Yagiho antény

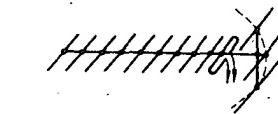
Antény tohoto typu mají velké množství elektrických i mechanických variant. Klasickým představitelem je tříprvková anténa (obr. 24) se dvěma parazitními záříčí –



Obr. 24. Anténa Yagi

reflektorem (R), direktorem (D) a buzeným prvkem (B) ve tvaru skládaného dipolu. Se skládaným dipolem jsme se již seznámili. Parazitní záříčí jsou vlastně dipoly, uprostřed zkratované, jejich délka je volena tak, aby pracovaly poblíž rezonancie. Reflektor je nastaven nad rezonanci, jeho elektrická délka je o něco delší než $\lambda/2$. Jeho vlastní impedance tedy obsahuje indukční složku. Naproti tomu direktor je elektricky kratší než $\lambda/2$. Vlastní impedance má kapacitní charakter. Vzájemnou vazbu s buzeným prvkem vznikne na parazitních dipolech stojaté vlnění obdobného typu jako u běžného dipolu a tyto záříčí začnou vyzařovat. Vazba mezi nimi a skládaným dipolem musí být natolik těsná, aby amplituda „proudového obložení“ na jednotlivých záříčích byla co největší a zhruba shodná. Fáze proudů v parazitních záříčích je dána poměrem jalových a reálných složek vlastních impedancí, detailně ji nastavujeme délkou záříčí. Tímto způsobem můžeme dosáhnout toho, že primární vyzařování z buzeného prvku (B) a sekundární, způsobené parazitními záříčí, se sečtou ve směru S_1 (obr. 24) a vyrůstí ve směru S_2 . Anténa má pak maximum vyzařovacího diagramu ve směru S_1 , zatímco ve směru S_2 je záření obecně potlačeno:

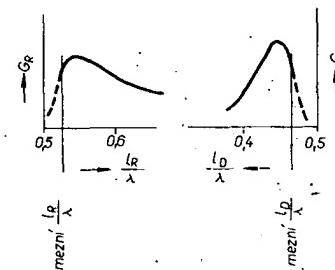
Vstupní impedance antény je dána jednak impedancí buzeného záříčí, jednak se ve značné míře uplatňuje též parazitní záříčí vzhledem k těsné vazbě na skládaný dipol.



Obr. 25. Dlouhá anténa Yagi

vých vlastností antény je zřejmé, že další parazitní záříčí lze zařadit pouze do míst, kde bude existovat možnost jejich využití. Direktory rádime tedy na ráhno ve směru maxima záření. Zcela jiná je situace u reflektorů. Na ráhnu za první reflektor je umístit nemůžeme, protože v pole v tomto směru by jejich využití neumožňovalo. Obvyklý způsob je patrný z obr. 25, kde jsou další reflektory rozety do stran na pomocné ráhno. Tento způsob zaručuje poměrně dobré využití reflektorů, ne však takové jako u direktoru. Pro zvětšování zisku je tedy obecně výhodnější zvětšovat počet direktorů.

Jaké jsou typické elektrické vlastnosti Yagiho antény? Všimněme si grafu v obr. 26,



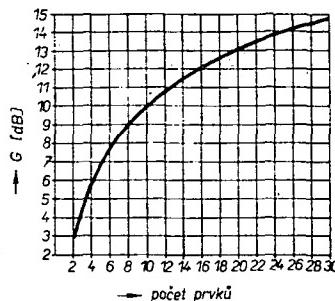
Obr. 26. Průběh zisku reflektoru a direktoru

kde je vynesena závislost zisku na elektrické délce reflektoru l_k a direktoru l_d pro dvě víceprvkové Yagiho antény, první sestavena z dipolu a reflektoru, druhá z dipolu a direktoru. I když pro víceprvkové antény tyto grafy přesně neplatí, jejich charakter zůstává zachován. Můžeme z nich odvodit několik zajímavých závislostí. Především je vidět, že maximální zisk direktoru je větší než reflektoru, z tohoto hlediska jsou tedy direktory výhodnější. Naproti tomu pokud jde o širokopásmovost je na tom lépe dipol s reflektorem, zisk se směrem od optimální délky zmenšuje výrazně pozvolněji. Typické pro oba typy parazitních záříčí je rychlé ukončení jejich funkce po překročení mezních elektrických délek.

Při návrhu antény je provozní pásmo voleno tak, aby mezní délka direktorů odpovídala nejvyššímu kmitočtu, mezní délka reflektoru nejnižšímu kmitočtu. Direktor bude pak nejaktivněji působit při horním okraji pásmá, reflektor při dolním konci pásmá. Vzhledem k tomu, že u víceprvkových Yagiho antén je mnohem více direktorů než reflektorů, bude maximum zisku při horním okraji pásmá. Chceme-li dosáhnout maximálního zisku s daným počtem záříčí, je nutno zúžit provozní pásmo antény natolik, aby optimální kmitočet reflektoru a direktoru se co možná blížily. Mechanicky je taková anténa charakterizována malým rozdílem délek direktorů a reflektoru, což je původní koncepcí Yagiho antén. Naproti tomu dnes je snaha šířku pásmá co možno zvětšovat. Určitého zlepšení v tomto směru lze dosá-

nout, volíme-li nestejnou délku direktorů, popř. různou vzdálenost mezi nimi. Ovšem zásadní úzkopásmovost direktorů odstranit nelze. Jejich chabá funkce mimo oblast optimální je kompenzována jejich velkým počtem. Zlepšení na dolním konci provozního pásma lze dosáhnout zvětšením počtu reflektorů, jejichž funkce vrcholí právě tam, popř. přechodem na plošné, tvarované reflektory. Tato anténa se však již značně liší od normálních Yagiho antén, jde o modifikaci, o nichž bude řeč dále.

Jak jsme se již známi, zisk Yagiho antény lze nejlépe zvětšovat počtem direktorů. Přehledně nás o tom informuje obr. 27. Tento

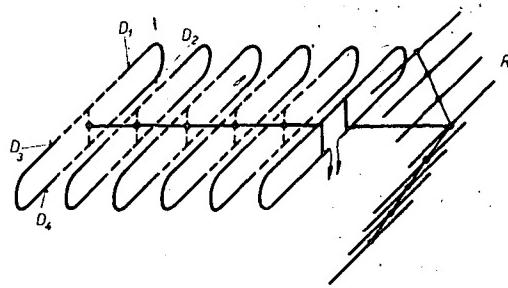


Obr. 27. Zisk Yagiho antény v závislosti na počtu prvků

graf platí přibližně pro Yagiho antény s šířkou pásma $\Delta f \leq \pm 5\%$, za předpokladu, že délka zářící i jejich rozteč byla optimalizována. Graf je zajímavý především skutečností, že zdvojení počtu prvků přináší i pro velmi dlouhé antény prakticky vždy zvětšení zisku o 3 dB, tj. zdvojení výkonového zisku. Svědčí to o vynikající ekonomice Yagiho antény. Když bylo provedeno ve VÚST ekonomické srovnání různých typů úzkopásmových antén. Výsledek byl naprostě jednoznačný: pokud jde o materiálové náklady v závislosti na zisku je Yagiho anténa mezi úzkopásmovými anténami zcela bez konkurence. Zvětšování počtu direktorů je i obecně jeden z nejjednodušších způsobů, jak zvětšovat zisk antén. Omezujícím faktorem je pouze mechanická realizovatelnost.

Nelze se ovšem soustředit pouze na zisk, tj. šířku hlavního paprsku. Důležitým parametrem je i činitel zpětného záření (ČZZ). Ten je ve značné míře ovlivněn délkou (nastavením) a počtem reflektorů. Jejich optimální délka z hlediska ČZZ se nekryje s optimální délkou pro maximální zisk. Maximální ČZZ vyžaduje reflektor poněkud delší. Pokud jde o počet reflektorů, většinou zcela postačí maximálně tři. Další zvětšování jejich počtu má význam spíše pro speciální úpravu (potlačení) záření do zadního sektoru antény, popř. pro širokopásmový provoz. Totéž platí pro nahrazení skupiny reflektorů homogenním reflektorem z plechu či sítě. Je však nutno upozornit, že má-li homogenní reflektor pracovat, je nutné, aby měl jisté minimální rozměry (asi $0.6 \times 0.6\lambda$), jinak jeho funkce bude horší, než funkce tyčových reflektorů.

To co bylo řešeno o funkci reflektorů, platí především pro klasické, tedy úzkopásmové Yagiho antény. V poslední době se však objevují i širokopásmové modifikace se šířkou pásma $\Delta f \leq \pm 10\%$. Takovou anténu je nutno doplnit pokud možno rozsáhlou reflektoričkovou soustavou (např. úhlovým reflektorem). Jde totiž o to, že reflektory musí nejen korigovat zhoršení činitele zpětného



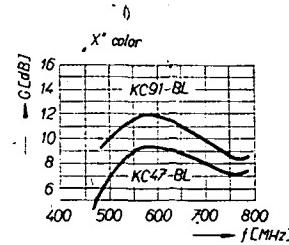
Obr. 28. Yagiho anténa se čtyřnásobnými direktory

záření, ale vytvářet též zisk antény? V případě úzkopásmové antény je vliv reflektoru na zisk minimální, protože reflektor je málo „ozářen“. U širokopásmové verze se „ozáření“ na nízkofrekvenčním konci pásma zlepšuje a tím se aktivita reflektoru zvětšuje. V tomto případě je pak výhodné doplnit anténu reflektorem co největším. Z rozboru funkce je však zřejmé, že vlastně nejdé již o běžnou Yagiho anténu, avšak spíše o kombinaci dvou antén: Yagiho antény pro horní a dipolu s reflektorem pro dolní část kmitočtového pásma.

V poslední době se pro kmitočty nad 400 MHz objevuje jiná zajímavá modifikace Yagiho antény. Náčrtek je v obr. 28. Před buzeným prvkem je soustava čtyřnásobných direktorů v jedné rovině, doplněna rozměrným reflektorem. Úprava zvětšuje zisk oproti stejně dlouhé anténě s jednoduchými direktory pouze asi o 1,5 až 2 dB. Anténa je výhodná tím, že má pouze jeden buzený zářící přestop, že jde o složenou anténní řadu (viz daleko).

Výrobcem Yagiho antén v ČSSR je Kovoplast Chlumec. I když sortiment není rozsáhlý, najde v něm prakticky každý anténu pro svou specifickou potřebu. Tab. 3 informuje o jednotlivých typech.

Kromě antén v tab. 3 vyrábí Kovoplast Chlumec starší variantu širokopásmové směrovky z obr. 28 pod názvem „X-color“. Anténa má dvě provedení: kratší KC 47-BL, delší KC 91-BL. Průběh zisku je v obr. 29.

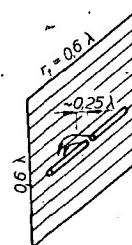


Obr. 29. Televizní anténa pro IV. a V. TV pásmo

$\text{ČZZ} \approx 20 \text{ dB}$, avšak postranní záření je relativně značné a zmenšuje zisk nad 700 MHz. $\text{CSV} \approx 3$.

Antény s plošným reflektorem

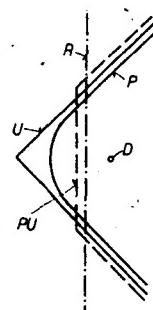
Zmínku o plošných reflektorech najdeme již v předešložnosti statí. Tvar reflektoru bývá různý – často elektricky sotva zdůvodnitelný. Nejednodušší je anténa z dipolu a rovinného reflektoru (obr. 30). Buzený prvek ozářuje reflektor, což vytvoří převážně na jejich přivrácené straně „parazitní“ proudy (proudové obložení), které vyzařují. Toto sekundární záření se sčítá s primárním zářením dipulu. Pro tvar vyzařovacího diagramu je především důležitá amplituda a fáze proudového obložení reflektoru. Obojí závisí na



Obr. 30 Dipól s rovinovým reflektorem

Jakým způsobem můžeme zvětšovat zisk takové antény? Maximální elektrický ekonomické rozměry pro půlvlnný dipól jsou v obr. 30. Anténa má zisk asi 4,5 až 5 dB. Další zvětšování reflektoru nemá význam, proudové obložení na okrajích se příliš zmenšuje, fáze se rychle mění. Prakticky jedinou možností je přechod k celovlnnému dipólu. V tom případě je možno reflektor o rozmeru r_1 zvětšit na dvojnásobek. Taková anténa má pak zisk asi 5 dB a bývá hojně používána jako jeden prvek složené anténní řady (viz daleko).

Chceme-li dále zvětšovat zisk, dojdeme k závěru, že nejvýhodnější bude změnit tvar reflektoru. Lze prokázat, že ideálním reflektorem by byl rotační paraboloid s vhodným jednosměrným zářicem umístěným v ohništi. Praktickou modifikaci pro dané kmitočtové pásmo je reflektor ve tvaru válcového paraboloidu, popř. jeho approximace. Přehledně je situace patrná z obr. 31: P repre-



Obr. 31. Varianty plošného reflektoru

zentuje válcový paraboloid, U úhlový reflektor, PU modifikovaný rovinový reflektor, R rovinový reflektor. Vidíme, že nejvzdálenější ideálnímu tvaru je rovinový reflektor

Tab. 3. Antény vyráběné v ČSSR (Kovoplast Chlumec)

| Kanál | f [MHz] | Typ | Uspořádání | Δf [°] | ΔH [°] | G [dB] | ČZZ [dB] |
|----------|---------|--------|------------|----------------|----------------|--------|----------|
| 1 | 48–57 | 0301KL | | | | | |
| 2 | 58–66 | 0302KL | | | | | |
| 3 | 76–84 | 0303KL | | | | | |
| 4 | 84–92 | 0304KL | | | | | |
| 5 | 92–100 | 0305KL | | | | | |
| VKV | 66–73 | 030KKL | 1 d + 1 r | 65 | 110 | 4,5 | 10 |
| 1 | | 0501KL | | | | | |
| 2 | | 0502KL | | | | | |
| 3 | | 0503KL | | | | | |
| 4 | | 0504KL | | | | | |
| 5 | | 0505KL | | | | | |
| VKV | | 050KKL | 3 d + 1 r | 56 | 90 | 6 | - |
| 6 až 8 | 174–188 | 0307GL | | | | | |
| 8 až 10 | 190–214 | 0309GL | 1 d + 1 r | | | | |
| 10 až 12 | 206–230 | 0311GL | | | | | |
| 21 až 25 | 470–510 | 0624GL | | | | | |
| 26 až 30 | 510–550 | 0628GL | | | | | |
| 31 až 35 | 550–590 | 0633GL | | | | | |
| 36 až 40 | 590–630 | 0638GL | | | | | |
| 41 až 45 | 630–670 | 0643GL | | | | | |
| 46 až 50 | 670–710 | 0648GL | | | | | |
| 51 až 55 | 710–750 | 0653GL | | | | | |
| 56 až 60 | 750–790 | 0658GL | 2 d + 3 r | 64 | 100 | 5,5 | 20 |

| Kanál | f [MHz] | Typ | Uspořádání | Δf [°] | ΔH [°] | g [dB] | ČZZ [dB] |
|----------|---------|--------|------------|----------------|----------------|----------|----------|
| 21 až 25 | | 1024GL | | | | | |
| 26 až 30 | | 1028GL | | | | | |
| 31 až 35 | | 1033GL | | | | | |
| 36 až 40 | | 1038GL | | | | | |
| 41 až 45 | | | 6 d + 3 r | 42 | 60 | 10 až 11 | 20 |
| 46 až 50 | | | | | | | |
| 51 až 55 | | | | | | | |
| 56 až 60 | | | | | | | |
| 21 až 25 | | 2024GL | | | | | |
| 26 až 30 | | 2028GL | | | | | |
| 31 až 35 | | 2033GL | | | | | |
| 36 až 40 | | 2038GL | | | | | |
| 41 až 45 | | 2043GL | | | | | |
| 46 až 50 | | 2048GL | | | | | |
| 51 až 55 | | 2053GL | | | | | |
| 56 až 60 | | 2058GL | | | | | |

Ve sloupci „Uspořádání“ je d direktor, r reflektor

TV doporučit. I při pečlivém laboratorním provedení má anténa četné postranní laloky. Totéž platí i pro jinou anténu tohoto typu, totiž dlouhou, popř. tlustou anténu V.

Pro kruhovou polarizaci existuje spirálová anténa (Helix). Její použití pro TV je však naprostě nevhodné, neboť pro lineární polarizaci má ztrátu -3 dB a navíc přijímá i parazitní signály (sekundární, odražené) přicházející s jinou polarizací, než je vysílaná.

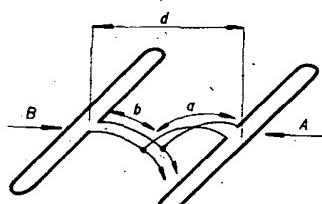
(R). Zisk jednotlivých typů najdeme v tab. 4. Uvádíme-li mechanickou složitost v závislosti na zisku, lze konstatovat, že velmi výhodný je úhlový reflektor. V provedení s celovlnným dipolem má anténa značný zisk, přičemž vyzárovací diagram má minimální postranní a zadní laloky. Posledně jmenovaná skutečnost má značný význam pro kvalitní příjem TV. Anténu lze provozovat i v širším pásmu, maximálně pro $\Delta f = 1 : 2$. Dobré impedanční vlastnosti je možno zajistit tloušťkou zářice. Proti Yagiho anténě je úhlový reflektor výhodnější tím, že jej lze mnohem snáze elektricky nastavit. Je to jedna z mála antén, kterou lze doporučit pro amatérskou stavbu, je uvedena v knize ing. M. Českého.

Tab. 4. Půlvlnný a celovlnný dipol s plošným reflektorem

| Typ antény | G [dB] |
|------------------------|------------|
| R + dipol $\lambda/2$ | 4,5 až 5 |
| R + dipol λ | 6 až 7 |
| 7 + dipol $\lambda/2$ | 7,5 až 8,5 |
| U + dipol λ | 9,5 až 11 |
| PU + dipol $\lambda/2$ | 8 až 8,5 |
| PU + dipol λ | 10 až 10,5 |
| P + dipol $\lambda/2$ | 8,5 až 9 |
| P + dipol λ | 10,5 až 11 |

Anténa s galvanicky buzenými prvky

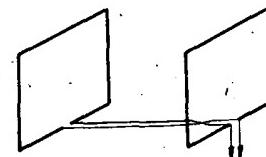
Princip antény je na obr. 32. Dva žáříče (např. skládané dipoly) jsou spojeny linkami, z nichž jedna je přefázována (= fázový posuv 180°). Za předpokladu, že rozdíl elektric-



Obr. 32. Směrovka s galvanicky buzenými prvky

kých délek obou linek je roven rozteči obou dipólů, tedy $(b/\lambda) \text{ el.} - (a/\lambda) \text{ el.} = d/\lambda$, pak příjem ze směru A se ruší, ze směru B je maximální. Podmínkou dokonalé funkce je především dobré impedanční přizpůsobení celého systému; je totiž nutné, aby signály z obou antén byly amplitudově shodné. Anténa bývá někdy doplněna slučovačem, který do jisté míry likviduje vzájemné působení obou dipólů.

V praktickém provedení se vyskytuje dvě varianty. První se dvěma skládanými dipóly z obr. 32 a se ziskem asi 4 až 4,5 dB. Druhá v obr. 33 se čtvrtvlnnými smyčkami (publiko-

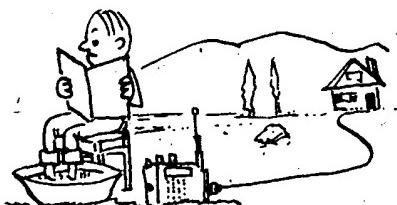


Obr. 33. Anténa Cubical-Quad

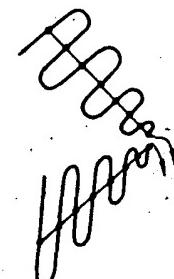
vaná obvykle pod názvem Cubical Quad) se ziskem asi 5 až 5,5 dB. Oproti době nastavené Yagiho anténě o 3 až 4 prvních nemá tato anténa v úzkopásmovém provozu podstatné výhody.

Antény s postupnou vlnou

Obecně je hlavním představitelem tohoto typu antén pro lineární polarizaci kosočtvercová anténa. Aplikace pro obor VHF a UHF je natolik problematická, že anténu nelze pro



Obr. 34. Rovinná logaritmickoperiodická anténa



Obr. 35. Prostorová logaritmickoperiodická anténa

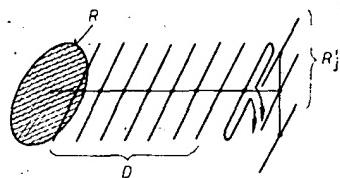
znamená, že ze všech záříčů se podílí na funkci antény pouze malé procento. Měření proudového obložení tuto skutečnost plně potvrzuje.

Zisk rovinného typu běžné antény je pouze 3 až 4,5 dB. Prostorový typ je poněkud lepší, aktivní části antény jsou dvě. Je to vlastně dvouprvková antenní řada, skládající se ze dvou roviných útvarů. Přídavný zisk vyskytující se z tohoto uspořádání je však malý, neboť rozteč obou roviných útvarů je malá. Zisk prostorového typu běžného provedení je 5 až 6 dB, což bylo mnohokrát ověřeno měřením na pracovišti ve VÚST.

Tuto anténu nelze doporučit pro TV. Někdy se využívá jako širokopásmový budící prvek pro antenní systémy s direktory a relektory pro modifikované Yagiho antény.

Anténa se zpětným zářením (back fire)

Základní uspořádání je v obr. 36. Jde vlastně o Yagiho anténu, před níž je umístěn reflektor R, který obrací směr záření. Reflektor bývá roviný útvar, což je dáné předpokladem, že Yagiho anténa vytváří ve směru maxima záření rovinné vlnoplochy (soufázové

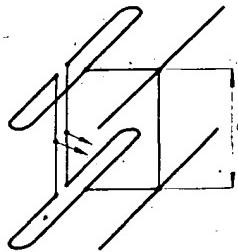


Obr. 36. Anténa se zpětným zářením

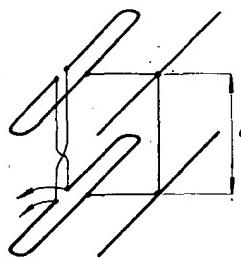
vé plochy). Záření vycházející z buzeného záříče je usměrněno reflektorem Yagiho antény RJ, projde direktorovou řadou D po první, odrazi se od rovinového reflektoru R a projde znovu direktory. Anténa je tedy principiálně elektricky dvojnásobně dlouhá, což by mělo vést ke zvětšení zisku o 3 dB. Skutečnost je však horší. Nepříznivě se projevuje několik činitelů: záření, než opustí anténu, musí projít znovu reflektorem RJ Yagiho antény, který je však nyní směrován obráceně, dále nebyvá dodržena podmínka o výše zmíněné rovinosti vlnoplochy, konečně je nutno si uvědomit, že funkce direktoru je značně úzkopásmová. Zisk se tedy v praxi zvětšuje o 2 až 2,5 dB a to pouze v užším kmitočtovém pásmu. Uvážme-li, že tento přínos je výsledkem doplnění antény poměrně rozmněným reflektorem, lze konstatovat, že dosažené výsledky sotva odpovídají vynaloženým nákladům. Pověsti, které anténu doprovázely při její premiéře se velmi rychle rozplynuly, při jejím laboratorním ověření. Obecně výhodnější a hlavně širokopásmovější se jeví vybuzení rovinových reflektorů dipólovou soufázovou řadou (viz dále).

Složené antenní řady

Jako TV přijímací antény přicházejí v úvahu pouze antenní řady dvoufázové, tj. řady, u nichž jsou jednotlivé antény napájeny proudy shodné fáze a v našem případě i shodné amplitudy. Dva základní způsoby kombinace dvou směrových antén jsou uvedeny v obr. 37 a 38; je možná i jejich kombinace. V prvním případě – paralelní

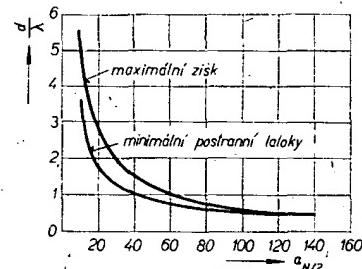


Obr. 37. Antenní řada s paralelním napájením



Obr. 38. Antenní řada s postupným napájením

které mají vyzařovací diagram kruhový ve všech rovinách, tedy kulový. V našem případě pak mají navíc všechny záříče řady shodnou amplitudu a fázi napájecích proudů. Za těchto okolností je F_t dán prakticky počtem záříčů a roztečí d (obr. 37). Hlavním úkolem návrhu složené antenní řady je vybrat pro dané jednotlivé antény definované známým F_t , nejvýhodnější F_t , popř. rozteč d . Optimální d má dvě varianty: budeme, aby anténa měla maximální zisk, nebo minimální postranní paprsky. V prvním případě přináší každé zdvojení antény přídavný zisk 2,5 až 3 dB, avšak postranní paprsky dosahují nepljemné hodnoty až -10 dB. V druhém případě volíme rozteč poněkud menší tak, aby postranní paprsky byly ≈ -20 dB, přičemž zdvojení antény zvětší zisk pouze asi o 2 až 2,5 dB. Optimální rozteč z obou těchto hledisek v závislosti na šířce paprsku základní antény ($a_{N/2}$) najdeme v obr. 39. Šířku $a_{N/2}$ uvažujeme samozřejmě vždy v té rovině, v níž obě antény kombinujeme, tj. pro uspořádání v obr. 37, 38 je to rovina H, v obr. 40 je to rovina E. V některých případech neznáme $a_{N/2}$, nýbrž pouze zisk základních antén. V tom případě zjistíme přibližný $a_{N/2}$ ze známého zisku pomocí grafu v obr. 13.



Obr. 39. Optimální rozteč v závislosti na šířce paprsku základní antény

Zmenšování rozteče d pod rozmezí dané v obr. 39 vede k rychlému zmenšení přídavného zisku, takže zdvojení antény nemá již prakticky význam. Ještě rychleji je ztráta funkce při zvětšení rozteče nad optimum. Zvětšení d asi o 20 % může vyvolat postranní paprsky asi -6 dB i větší, anténa je nepoužitelná.

Rozneží přídavného zisku, které jsme v předchozím vždy udávali, závisí na zisku základní antény. U antén s malým ziskem, tj. i s malou roztečí d , se ovlivňují navzájem (popř. deformují) vyzařovací diagramy jednotlivých záříčů. Z_0 je charakteristický odpor spojovacího vedení. Tedy zde nikoli $Z_A = Z_0$, nýbrž $Z_A \gg Z_0$ (je optimem. Z impedančního hlediska tato nerovnost nevadí, neboť vedení dlouhé $\lambda/2$ netransformuje. Pro TV přijímací antény se tento způsob příliš nehodí, jednak pro zřejmou úzkopásmovost, jednak pro potíže při návrhu a nastavení takové antény. Rovněž skutečnost, že nemůžeme volně volit rozteč antén, je určitou nevýhodou. Proto pro amatérskou realizaci složených řad lze jednoznačně doporučit způsob podle obr. 37 a tím se také budeme v následujícím zabývat.

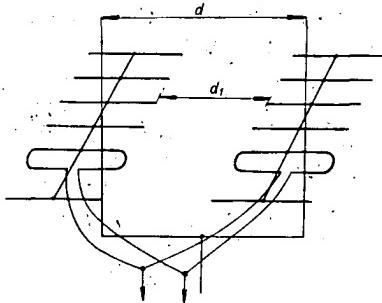
Uvodem je nutné seznámit se alespoň s teoretickým minimem. Vyzařovací diagram složené antenní řady (F_t) je dán součinem

$$F_t = F_A F_t \quad (17),$$

kde F_A je vyzařovací diagram jednotlivé antény, F_t činitel antenní řady, což je vlastně diagram antenní řady, kde jednotlivé antény jsou nahrazeny tzv. izotropními záříci. Pod tímto pojmem rozumíme fiktivní antény,

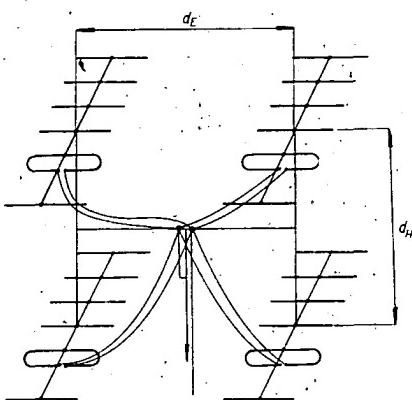
realizovat dvouprvkovou složenou řadu soufázové je možné jednak nad sebou, viz obr. 37, 38, jednak vedle sebe, obr. 40. První uspořádání zůstává vertikální, druhé horizontální vyzařovací diagram. Kterému dámé přednost, záleží na našich požadavcích. Vertikální zmenší $a_{N/2}$, zmenší se citlivost příjmu na odrazy od letadel, horizontální potříba odrazu od okolního terénu – potlačuje „duchy“. Uspořádání podle obr. 40 je obecně výhodné z hlediska výše zmíněných vazeb mezi základními antény, ovšem můžeme si je dovolit pouze u větších antén, u nichž rozteče d je dostatečně velká, aby antény byly dostatečně vzdáleny (obr. 40, $d_i > \lambda/2$). Antény v obr. 37 až 40 jsou kresleny jako horizontálně polarizované, avšak analogicky lze vytvořit též vertikálně polarizované řady.

Až doposud jsme se zabývali kombinací dvou antén. Často se však vyskytuje i čtyřprv-



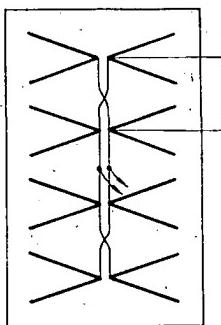
Obr. 40. Dvouprvková anténní řada

kové anténní řady. Nejčastějším uspořádáním je zdvojený anténní systém z obr. 40 nad sebou (obr. 41). Samozřejmě jsou možné



Obr. 41. Čtyřprvková anténní řada

i jiné kombinace (např. nad sebou, nebo vedle sebe). Příkladem kombinace čtyř antén nad sebou je anténa vyráběná Kovopodnikem města Plzně z obr. 42.



Obr. 42. Čtyřprvková anténní řada s plošným reflektorem

Rozteč zvolíme obdobně jako u dvouprvkové řady. Např. u antény v obr. 41 zjistíme rozteč pro rovinu E, tedy $d_E = \lambda_{EN/2}$ jednotlivých antén podle obr. 39. Druhou rozteč, d_H , tedy v rovině H, určíme ze známého $\lambda_{HN/2}$ základní antény opět z obr. 39. Pro anténu v obr. 42 stanovíme rozteč dvojice záříců $\lambda_{HN/2}$ jednoho zářiče.

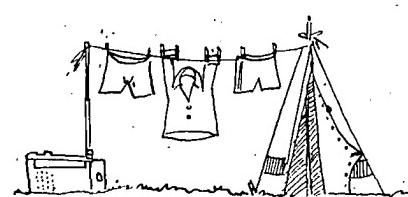
Dosud jsme se zabývali celkovým uspořádáním antény a především volbou rozteče jednotlivých antén. Další problémy, které musíme vyřešit, jsou způsob napájení a impedančního přizpůsobení. Začneme dvouprvkovou řadou. Chceme-li spojit dvě antény paralelně tak, abychom obdrželi jmenovitou

impedanci řady $Z_A = 75 \Omega$, je třeba, aby jednotlivé antény měly jmenovitou impedanci 150Ω , pokud se chceme vyhnout dosti komplikovaným impedančním transformátorům. Antény, které jsou v prodeji, mají $Z_{AN} \approx 300 \Omega$. Bylo by tedy nutno upravit jejich skládaný dipól např. podle obr. 21c s pomocí grafu v obr. 22, tedy zvětšením tloušťky buzené části skládaného dipolu. To můžeme udělat buď náhradou tenké trubky za tlustou, nebo připevněním pásku na stávající trubku skládaného dipolu. Šířku pásku volime $1,5 \times$ větší než je potřebný průměr trubky pro vstupní impedanci 150Ω . Pro přesné nastavení je nutno šířku pásmu určit experimentálně. Takto upravené antény můžeme spojit např. podle obr. 38. O charakteristickém odporu pro tuto variantu byla již zmínka. Obecně výhodnější je však alternativa podle obr. 37. Má však nevýhodu v nutnosti použít spojovací vedení o charakteristickém odporu $Z_0 = 150 \Omega$. To můžeme zhotovit buď z trubek, nebo použít dva souosé kabely 75Ω jako náhrady symetrického vedení. Obě dvojice kabelů musí však být dokonale elektricky shodné. Stínění obou dvojic je nutno mezi sebou zkratovat asi po délce $\lambda/4$. Souosý napáječ od přijímače připojíme ke středu spojovacího vedení přes symetrační obvod netransformující, tedy podle obr. 53. Impedanční přizpůsobení můžeme případně zlepšit posouváním zkratu; pro istotu uděláme tedy symetrační obvod delší než $\lambda/4$.

Z předchozího je zřejmé, že z dvojice antén lze amatérsky sestavit anténní řadu dosi obtížně. Zásadně jednodušší je řešit u čtyřnásobné řady podle obr. 51. Antény se jmenovitou impedancí $Z_{AN} = 300 \Omega$ spojíme přes naprostě shodné dvojlinky nebo vzděšné vedení o charakteristickém odporu $Z_0 = 300 \Omega$ a obdržíme jmenovitou impedanci řady 75Ω symetrických. Tu pak připojíme přes netransformační symetrační obvod k souosému napáječi o charakteristickém odporu 75Ω , obdobně jako u výše zmíněné řady dvouprvkové. Realizace napájecího systému pro anténní řadu podle obr. 41 je, tedy poměrně snadná. Jeho aplikace pro soustavu čtyř antén nad sebou např. podle obr. 42 je však již obtížná z mechanických důvodů. Zde je možno doporučit pouze systém postupného napájení podle obr. 37, tedy pro délky spojovacích vedení $n\lambda/2$, nebo kombinaci napájení postupného s paralelním, jako u antény v obr. 42, kde dvojice „celovlnných“ dipolů, každý o jmenovité impedance asi 1200Ω , je napájena postupně (překřížené půlvlnné vedení) a obě dvojice jsou pak linkou o charakteristickém odporu spojeny paralelně.

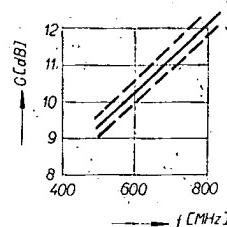
Souhrnně lze konstatovat, že pro amatérské zhotovení složené řady se nejlépe hodí typ podle obr. 41. Jako základní antény lze použít např. prodávané antény Yagi, jejich typ je určen mechanickými možnostmi. Není vyloučena ani kombinace čtyř antén podle obr. 42. Vzhledem k tomu, že maximální zisk antén v ČSSR prodávaných nepřesahuje 12 až 13 dB, je možno s takovou řadou dosáhnout zisku 16 až 18 dB.

Pokud jde o mechanicko-elektrická hlediska, která je nutno vzít v úvahu při stavbě složené řady, je žádoucí, aby nosná konstruk-



ce tam, kde se přibližuje zářící, byla kolmá na směr polarizace antén (viz obr. 40, 41). Stejně je třeba orientovat napájecí dvojlinky. Ty je zároveň nutno oddálit od nosné konstrukce a dobré připevnit izolačními objímkami.

Z složených anténních řad je v ČSSR v prodeji pouze anténa podle obr. 42, tj. čtyř celovlnné dipoly před plošným reflektorem, popř. zmenšená alternativa dvou dipolů před reflektorem. Přibližný průběh zisku je v obr. 43. Velmi dobré je potlačení zdrobného záření.



Obr. 43. Zisk antény z obr. 42

ní, $\text{ČZZ} \approx 20 \text{ dB}$. Impedanční přizpůsobení $\text{CSV} \approx 2,5$ až 3 je obvyklé u širokopásmové antény. Souhrnně lze klasifikovat tento typ antény jako jednu z nejlepších TV přijímačich antén pro širší kmitočtové pásmo.

Předpisy o stavbě antén

Závěrem několika předpisů pro instalaci antény. Nejdůležitější se týká způsobu uzemnění antény, které musí být stejně dokonale, jako uzemnění bleskosvodu. Podle ČSN 34 1390 je možno použít pro zemní spoj budovou pozinkovaný drát o $\varnothing 8 \text{ mm}$, nebo pásek $3 \times 20 \text{ mm}$ z téhož materiálu. K anténěmu stožáru se připojuje uzemňovací vodič v jeho nejnižším místě.

Kdy není uzemnění nutné: je-li anténa uvnitř budovy, vzdálena alespoň 2 m od elektrické sítě. Dále u antény vně budovy, nacházejí-li se alespoň 2 m pod okapem např. na balkóně, alespoň 2 m od bleskosvodu a nevyhývají-li od budovy více než 1,8 m.

Kde můžeme anténu postavit: především na svém pozemku nebo budově. Nikoli tedy nad veřejnou cestou apod. Musí být vzdálena alespoň 3 m od vodičů nízkého napětí nebo telekomunikačních vedení.

Stavba mimo vlastní pozemek je také možná, avšak podléhá schválení Národního výboru.

Připevnění antén na bleskosvod není dovoleno, anténa musí mít vlastní nosnou konstrukci. Koteyní lana musí být tlustší než 0,15 mm.

Symetrační člen

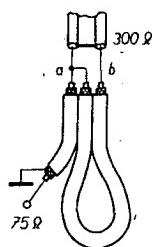
Je to takový prvek, jímž lze symetrisovat nesouměrný nebo naopak desymetrisovat souměrný zdroj. Navíc však dovede přetransformovat charakteristickou impedanci nesouměrného napáječe $Z_0 = 75 \Omega$ na 300Ω souměrně nebo naopak. To je nutné, chceme-li použít jako svod antény k televizoru souosý kabel. Impedance používaných antén je totiž 300Ω . Podobně je symetrační člen nutný i tehdy, chceme-li souosým kabelem napájet přijímač se symetrickým vstupem.

V některém případě, a to při použití anténních sdržených soustav, však je naopak žádoucí, aby impedance symetrikačního člena byla z obou stran stejná (75Ω).

Při konstrukci symetrikačního člena musíme však brát v úvahu šířku jím přenášeného kmitočtového pásmá. Symetrikační člen, používaný u úzkopásmové antény může být úzkopásmový. Naproti tomu symetrikační členy používané v rozvodu musí spolehlivě pracovat v pásmu všech přenášených kmitočtů.

Nejprve se budeme zabývat členy, které jednak symetrickuji a jednak i transformují impedanci 75Ω na 300Ω . Pokud předpokládáme, že nevzniknou žádné ztráty, bude na symetrické i nesymetrické straně stejný výkon. Při čtyřnásobné změně impedance to znamená, že na symetrické straně bude napětí dvojnásobné vzhledem ke straně nesymetrické. Při výpočtu úrovně musíme počítat s tím, že při transformaci ze symetrického vedení na nesymetrické vzniknou úbytky napětí 6 dB a při opačné transformaci přirůstky 6 dB .

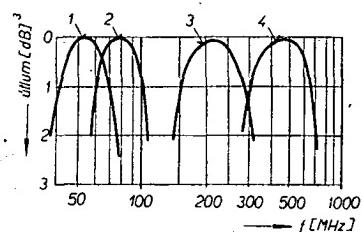
Symetrikační člen s vedením $\lambda/2$. Tento typ symetrikačního člena je založen na vlastnostech vedení délky $\lambda/2$. Vedení této délky obrací fázi v signálu o 180° . Příklad provedení tohoto typu symetrikačního člena je na obr. 44. Napětí v bodech *a* a *b* symetrického



Obr. 44. Symetrikační člen z půlvlnné smyčky

přívodu jsou navzájem v protifázi. Jejich propojením vedením o délce $\lambda/2$ se napětí z bodu *b* dostane do bodu *a* posunuto o 180° . To znamená, že bude ve fázi s napětím v bodu *a*.

Aby bylo možno učinit si představu o použitelnosti těchto symetrikačních členů, jsou na obr. 45 uvedeny kmitočtové/závislosti



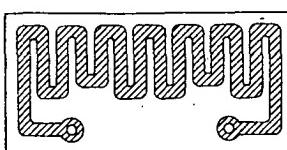
Obr. 45. Kmitočtová závislost útlumu symetrikačních členů a skutečné délky vedení $\lambda/2$ z kabelů VFKP 251 $\lambda/2$ u křivky 1 je 200 cm, u 2 je 130 cm, u 3 49 cm, u 4 19 cm. Koefficient kráčení kabelu = 0,66

jejich útlumu a příslušné délky vedení $\lambda/2$. Symetrikační členy byly realizovány podle obr. 44 kabelem s charakteristickou impedancí 75Ω s plným dielektrikem a tudíž s činitelem zkrácení 0,66. Stejných výsledků je možno dosáhnout i pomocí kabelu s pěněným dielektrikem. Skutečné délky vedení

však budou o něco delší, protože činitel zkrácení je v tomto případě 0,81.

Zhotovení symetrikačního člena je velmi snadné, ztráty v pracovní oblasti jsou zanedbatelné, přizpůsobení je velmi dobré. Délku vedení je možno volit tak, aby jeden člen vždy odpovídal jednomu TV pásmu, nebo pásmu rozhlasu VKV FM. Nevhodou je velký rozměr, zvláště pro kmitočty I. až III. TV pásmá.

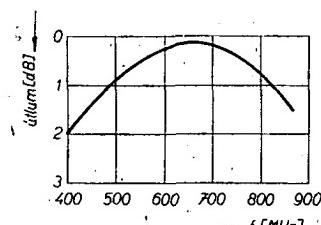
Jiný symetrikační člen s vedením délky $\lambda/2$ je na obr. 46. Vedení je realizováno na



Obr. 46. Symetrikační člen se smyčkou $\lambda/2$ na desce s plošnými spoji

oboustranně plátovaném kuprexititu technikou plošných spojů „Zivý“ vodič je tvořen meandrem a stínění fólie na druhé straně desky.

Tento druh symetrikačního člena se používá prakticky pouze pro IV. a V. TV pásmo. Z průběhu útlumové charakteristiky na obr. 47 však vidíme, že dobře přenáší signály

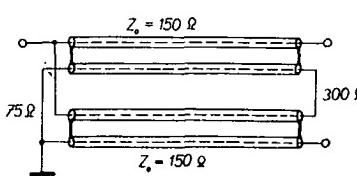


Obr. 47. Útlumová charakteristika symetrikačního člena podle obr. 46

v rozmezí asi 100 MHz. To znamená, že neobsahne celý rozsah IV. a V. TV pásmá.

Symetrikační člen s vedením $\lambda/4$

V tomto případě se nepoužívá souosé vedení, ale symetrický dvojvodič. Je nutné, aby charakteristická impedance vedení byla 150Ω . Princip tohoto způsobu transformace je patrný z obr. 48. Na jedné straně jsou obě vedení spojena paralelně tak, že výsledná impedance je 75Ω . Na druhé straně jejich sériové zapojení představuje impedance 300Ω . Přitom vedení o délce $\lambda/4$ transformuje zkrat na jedné straně jako nekonečný odpor na opačnou stranu. To umožňuje, aby uzemnění jednoho konce symetrikačního člena nezatěžovalo opačnou stranu.

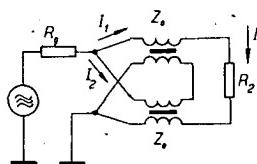


Obr. 48. Symetrikační člen ze dvou vedení $\lambda/4$

V praxi se tento člen zhotovuje většinou ve tvaru impedančního transformátoru v linkovém provedení. Je to transformátor, u něhož je vinutí realizováno dvojlinkou o vhodné charakteristické impedance. U obyčejných transformátorů totiž rezonuje mezivrstvová kapacita s rozptylovou indukčností vinutí a omezuje tak přenos na vysokých kmitočtech.

U linkového transformátoru je tato kapacita součástí charakteristické impedance a nepodílí se na rezonanci. Omezení při vyšších kmitočtech je zde určeno délkou vedení, při nízkých potom primární indukčnost, která musí být co možno největší. Pokud požadujeme velký kmitočtový rozsah, je proto třeba realizovat tyto členy na feritovém jádru, které má velkou permeabilitu na nejnižších přenášených kmitočtech; nesmí však mít velké ztráty při vysokých kmitočtech.

Schéma zapojení transformátorového symetrikačního člena je na obr. 49. Matematic-



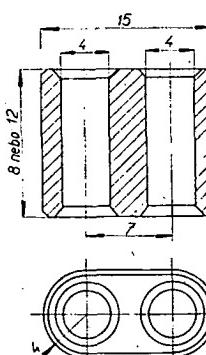
Obr. 49. Zapojení transformátorového symetrikačního člena

kým řešením výrazu pro výstupní výkon obdržíme podmínky pro maximální výkonový přenos. Je třeba, aby;

$$R_L = 4R_s \quad \text{a} \quad Z_0 = 2R_s$$

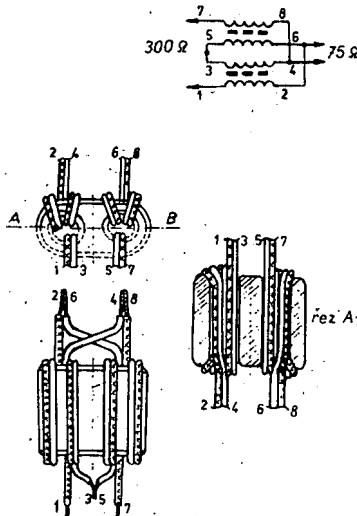
Prakticky to znamená, že pokud na nesouměrném vstupu bude $r_L = 75 \Omega$, musí být charakteristická impedance dvojlinky, z níž je zhotoveno vinutí, 150Ω , impedance souměrné strany je pak 300Ω .

K navinutí tohoto člena je třeba použít miniaturní dvojvodič $2 \times 0,4 \text{ mm Cu}$, výrobce Kablo n. p. Kladno, závod Velké Meziříčí. Obě vinutí jsou navinuta na dvojděrovém feritovém jádře, vyroběném n. p. Pramet – Závody práškové metalurgie, Šumperk, pod výrobním číslem 205 534 306 300 z feritového materiálu N1. Rozměry jádra jsou zřejmé z obr. 50. Uvedené jádro se vyrábí o délce 12 nebo 8 mm. Získáte-li delší typ, je nutno jej zkrátit ubroušením na délku 8 mm.



Obr. 50. Dvouděrové feritové jádro pro symetrikační členy

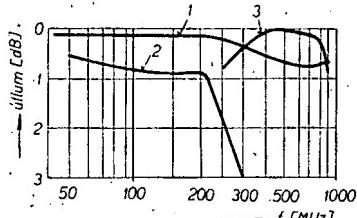
Provedení člena je patrné z obr. 51. Každé vinutí tvoří samostatný transformátor. Oba transformátory na jádru tohoto typu se vzájemně neovlivňují. Obě vinutí jsou stejná (2,5 závitů).



Obr. 51. Transformátorový symetrikační člen na feritovém jádře

Vodiče v dvojlince jsou rozlišeny tak, že jeden je z povrchově neupravené mědi, druhý pocinovaný. Obě vinutí propojíme tak, že kupř. na symetrické straně spojíme jako střed oba vodiče z čisté mědi. Pocinované vývody potom představují symetrický výstup. Na nesymetrické straně propojíme vzájemně vždy vodič měděný s pocinovaným. Jedna z těchto dvojic, nerohoduje která, potom představuje živý a druhá zemnický vývod.

Předností tohoto provedení je širokopásmovost (obr. 52 křivka 1). Vlivem ztrát ve



Obr. 52. Závislost útlumu na kmitočtu pro symetrikační členy z obr. 51 na různých jádrech

feritovém jádru má tento člen poněkud větší ztráty, zvláště v rozsahu IV. a V. TV pásmu. Pokud bychom proto chtěli symetrikační člen, který obsahne pouze IV. a V. TV pásmo, je ho možné udělat stejným způsobem vinutí jako na obr. 51, ovšem místo feritového jádra použijeme kostru z organického skla stejněho rozměru, avšak menší délky (6 mm). Závislost útlumu na kmitočtu tímto způsobem realizovaného symetrikačního členu je též na obr. 52 křivka 2. Pro představu, jaký vliv na průběh a velikost útlumu má délka použitého jádra symetrikačního členu, je na obr. 52 křivka 3 uvedena ještě stejná závislost pro případ, kdy je použito nezkrácené feritové jádro (podle obr. 50), to znamená délku 12 mm.

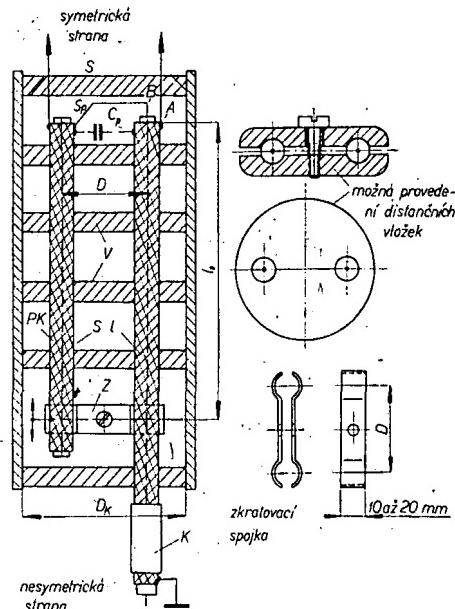
Pokud se týká přípůsobení, vyhoví tyto členy ve všech případech v kmitočtovém rozsahu, v němž vyhovují i z hlediska útlumu.

Symetrikační člen netransformující impedanci (balun)

Ve vý technice se dosti často objevuje požadavek převést symetrickou impedanci na shodnou impedanci nesymetrickou. Ob-

vod, který tento převod realizuje, je na obr. 53. Nesymetrická impedance, která se objeví na konci souosého napáječe K mezi AB je spojkou Sp připojena k symetrické části

umístit celý obvod do izolační nebo kovové trubky. Při použití kovové trubky se však poněkud zmenší vlnový odpor symetrické linky SL, čímž se částečně zmenší i širokopás-

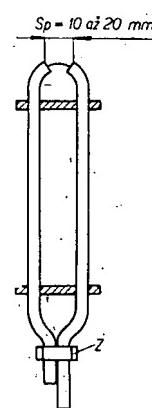


Obr. 53. Symetrikační člen, který netransformuje impedanci

obvodu S. Zároveň je však do tohoto místa paralelně zapojena symetrická linka SL, tvořená vnějším povrchem souosého napáječe (K) a pomocného kabelu (PK) v délce l a zakončená zkratem Z. Převod impedance nesymetrické na symetrickou není impedančně ovlivněn, je-li elektrická délka symetrické linky (SL) $\lambda/4$. Takové vedení na konci zkratované (Z) má téměř nekonečnou impedanci. Prakticky je nutné, aby reaktance linky SL byla zásadně větší než impedance, která je mezi body AB. Někdy se však úmyslně volí tak, že $l \neq \lambda/4$ a reaktance linky SL se využívá k paralelní kompenzaci (zlepšení) impedančních poměrů v přenosových systémech. Je-li např. nutné vykompenzovat kapacitní složky, volíme $l < \lambda/4$, neboť LS má v tomto případě indukční charakter. Naopak při kompenzaci indukční reaktance volíme $l > \lambda/4$. Člen se přesně nastaví experimentálně změnou polohy posuvného zkratu Z.

Při realizaci je možno volit několik variant. Nejjednodušší je na obr. 53. Balun je vytvořen z odizolovaného souosého kabelu, obě větve jsou odděleny izolačními vložkami V např. z organického skla, kovový posuvný zkrat Z je z plechových pásků. Spojkou Sp je vlastně prodloužený střední vodič napájecího kabelu, který je připájen na stínici pláští pomocného kabelu PK. Střední vodič tohoto kabelu je v daném typu bez funkce, je ponechán volný, zastřílený zároveň se stíněním. Symetrický výstup S je tvořen konci stínění obou kabelů. Rozteč D obou kabelů volíme pro obor VHF asi 30 až 60 mm, pro obor UHF $D = 20$ až 35 mm. Zmenšení rozteče je motivováno zmenšením délky spojky SP, která poněkud zhoršuje symetrii systému. Zároveň ovšem zmenšení rozteče D zmenšuje impedanční širokopásmovost obvodu. Pro výše doporučené rozteče je provozní šířka pásmu asi 1:1,5, připustíme-li určité impedanční ovlivnění můžeme obvod provozovat případně i v pásmu 1:2. Vše záleží na souhře impedancie, kterou symetrujeme, s reaktancí paralelní linky SL.

Pokud jde o ochranu proti vlivům povětrnosti je minimálně nutné zakrytovat symetrickou stranu obvodu a kably symetrické linky SL ochránit nátěrem. Ještě lépe je



Obr. 54. Způsob zkrácení symetrického vedení

civky. Tato alternativa je však mechanicky dosti náročná a lze ji sotva doporučit pro amatérské účely. Totéž platí i o jiných variantách balunu, s nimiž se občas v profesionálních zařízeních setkáváme.

Slučovací člen

Chceme-li přijímat několik TV programů na speciální směrové antény, lze jako první možnost použít pro každou anténu zvláštní svod. Chceme-li se tomuto těžkopádnému způsobu vyhnout (a to především tehdy, chceme-li současně napájet více než jeden TV přijímač), musíme sloučit všechny přijímané signály do jednoho svodu. K tomu účelu slouží slučovací člen. Ten musí mít takové vlastnosti, aby vyhověl několika základním požadavkům.

1. S ohledem na zabezpečení minimálních ztrát musí být útlum slučovaných signálů minimální.
2. Vzhledem k tomu, že elektrické vlastnosti použitých antén musí být zachovány, je nutno, aby jednak impedance jednotlivých vstupů byla v oblasti činnosti příslušných antén s dostatečnou přesností rovna 75Ω , a jednak se jednotlivé antény nesmí vzájemně ovlivňovat.
3. Vzhledem k tomu, že antény vždy pracují s poměrně malou selektivitou, přijímají kromě užitečného signálu i další signály. Sloučením několika antén může tedy vzniknout rušení, protože signál přijímaný na určitém kanálu bude přicházet nejen od příslušné antény, ale i od ostatních s různým časovým zpožděním. Slučovací člen musí být proto schopen tyto nežádoucí signály potlačit.
4. TV přijímač a hlavně širokopásmový zesilovač pracují správně pouze tehdy, nejsou-li přebuzeny příliš silnými signály v sousedství slabých signálů. Je proto nutné, aby slučovací člen do jisté míry vyrovnával úrovně jednotlivých signálů.

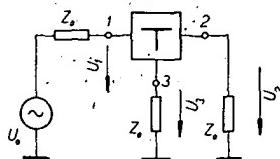
Aby byly tyto požadavky splněny, nestačí pouze jednoduše výkonově přizpůsobit antény např. kombinací odporů; nebyl by splněn totiž hned první požadavek – malé ztráty. Vhodným způsobem je slučování kmitočtovou výhvkou, ovšem za předpokladu, že kmitočty přijímaných signálů jsou od sebe dostatečně vzdáleny.

Další prvek, který je možno použít, je směrový vazební člen. Tento člen umožňuje sloučit dva signály stejného kmitočtu nebo kmitočtově blízké, aniž by se zdroje téhoto signálu vzájemně ovlivňovaly. Prakticky to znamená, že útlum téhoto člena je různý podle směru průchodu signálu.

V některých případech musíme počítat se selektivními odlaďovači nežádoucích signálů. Ke srovnání úrovně signálů lze použít útlumové členy. Dále si proto probereme základní stavební prvky, které se mohou ve slučovacích členech vyskytnout.

Směrový vazební člen

Směrový vazební člen je pasivní prvek, který si můžeme představit jako stavební jednotku se třemi výstupními svorkami (viz obr. 55). Činnost tohoto člena si vysvětlíme pro případ odbočovače. Stejně závery však platí i pro slučování dvou signálů. Prakticky bývá řešen tak, aby impedance všech výstupů byla stejná.



Obr. 55. Schematické znázornění směrového vazebního člena

ná, $Z_0 = 75 \Omega$. Vnější svorky označíme čísly 1 až 3, přičemž svorka 1 je vstupní, 2 výstupní a 3 vazební nebo též odbocovací. Připojíme-li na vstupní svorku zdroj vý signálu o vnitřní impedance 75Ω tak, že na svorce 1 bude napětí U_1 , bude na svorce 2 napětí U_2 a na 3 U_3 . Přitom předpokládáme, že oba konce budou zatíženy impedance 75Ω . Poměry téhoto napěti potom určují charakteristické vlastnosti člena.

Průchozí útlum je určen poměrem napěti na vstupu a výstupu. To znamená, že určuje, jak se zmenší signál průchodem mezi svorkou 1 a 2. Jeho velikost se udává [dB] a je proto dána vztahem

$$a_p = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \quad [\text{dB}] \quad (18)$$

S ohledem na použití je třeba říci, že nezáleží na tom, prochází-li signál od svorky 1 ke 2 nebo naopak. Je však vždy žádoucí, aby průchozí útlum byl minimální.

Útlum mezi svorkami 1 a 3 je určující veličinou pro dané provedení. Bývá označován jako vazební nebo odbocovací útlum, podle funkce, kterou daný prvek plní. Uzávává budouco co se zmenší signál při odbocení z hlavního směru, nebo při slučování udává útlum signálu, který prochází ve směru 3 a 1. Vazební útlum je dán poměrem napěti U_1 a U_3 .

$$a_v = 20 \log \frac{U_1}{U_3} \quad [\text{dB}] \quad (19)$$

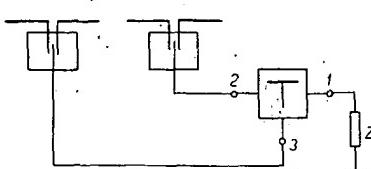
Další charakteristická veličina určuje velikost útlumu ve směru, v němž požadujeme maximální oddělení. Nazýváme ji zpětný útlum. Tato veličina udává útlum, který bude stát v cestě signálu, který přichází z opačné strany, tedy při průchodu mezi svorkami 2 a 3. Měřit ho můžeme tak, že přivedeme signál o velikosti U_{2z} na svorku 2. V tom případě bude na výstupu 3 napětí U_{3z} . Velikost zpětného útlumu potom bude

$$a_z = 20 \log \frac{U_{2z}}{U_{3z}} \quad [\text{dB}] \quad (20)$$

U prakticky realizovaných směrových vazebních členů volíme vazební útlum podle jejich účelu. Přitom velikost a ovlivňuje průchozí útlum. Kupříkladu směrový vazební člen o vazebním útlumu $a = 10 \text{ dB}$ bude mít

průchozí útlum asi 1 dB; při větším odbocovacím útlumu bude a menší. Pokud budeme vazební útlum zmenšovat, bude se průchozí útlum zvětšovat až do (teoreticky) 3 dB, kdy se bude vazební útlum rovnat průchozímu. Takovému členu se potom říká rozbočovací. V praxi ho lze realizovat s útlumem 3,5 až 4 dB. Velikost zpětného útlumu požadujeme vždy co největší. Bývá to pravidelně 30 dB nebo i více podle provedení a kmitočtu přenášeného signálu.

Směrový vazební člen ke sloučení signálů ze dvou antén je schematicky znázorněn na obr. 56. Jeho charakteristické vlastnosti (ú-



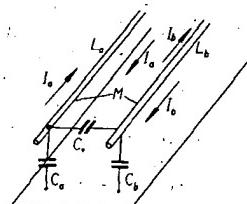
Obr. 56. Schematické znázornění sloučení dvou antén směrovým vazebním členem

tlum mezi svorkami 2-1, 3-1 a 2-3) odpovídají tomu, co jsme již uvedli. Musí však být respektovány podmínky, které jsou předpokladem správné funkce: kmitočty obou kanálů musí být blízké, aby platila podmínka, že vstupy 2 a 3 budou zatíženy v uvažovaném kmitočtovém rozsahu impedance 75Ω . Dále nesmíme zapomínat, že útlum mezi svorkami 2-1 a 3-1 jsou různé. Toho můžeme využít k vyrovnání případných rozdílů v úrovni přijímaných signálů. Přijíma-li anténa A podstatně silnější signál než anténa B, použijeme slučovací člen s vazebním útlumem kupř. 15 dB. V tom případě bude úbytek signálu antény A v slučovači zanedbatelný. Pokud budou mít signály z antény A i B stejnou úroveň, je možno u kmitočtově blízkých signálů použít směrový slučovací člen, u něhož bude útlum obou větví stejný (bude asi 3,5 až 4 dB).

Oddělení obou antén (tj. útlum mezi svorkami 2-3) bude v každém případě 20 až 30 dB.

Směrový vazební člen z vedení

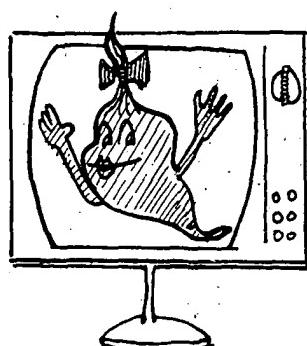
Tento typ směrových vazebních členů se skládá ze dvou vodičů, vzájemně vázaných elektromagnetickým polem, společně stíněných. Základní uspořádání je na obr. 57.



Obr. 57. Základní provedení směrového vazebního člena z vedení

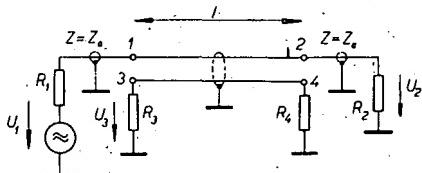
Přitom C_a a C_b jsou kapacity vodiče příslušné délky proti stínění, L_a a L_b jsou indukčnosti vodičů téhoto délky, C je kapacita mezi vodiči, M vzájemná indukčnost. Podobně jako u vedení je charakteristická impedance

$$Z_a = \frac{L_a}{C_a} \quad a \quad Z_b = \frac{L_b}{C_b}$$



Požadujeme, aby u směrového vazebního členu byly charakteristické impedance obou vedení stejné ($Z_1 = Z_2$).

Pro správnou činnost je dálé nutné, aby všechny výstupní svorky 1 až 4 podle obr. 58 byly zatištěny odpory o Z_0 , to znamená, že R_1 až $R_4 = 75 \Omega$.



Obr. 58. Zapojení směrového vazebního člena z vedení

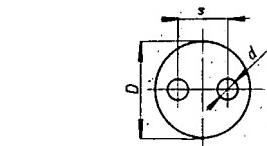
Vazba mezi oběma vodiči (a, b) je určena poměrem napětí U_3/U_1 . Poměr není stálý, závisí na relativní délce vedení a jeho geometrickém uspořádání. Je-li $l = \lambda/4$, rovná se poměr činiteli vazby mezi vodiči a, b . Potom

$$\frac{U_3}{U_1} = \frac{M}{L_0} \quad (21)$$

Činitel vazby přímo určuje minimální vazební útlum, který byl již dříve definován z počtu napětí na vstupní a odbočovací svorce:

$$a_v = 20 \log \frac{U_1}{U_3} = 20 \log \frac{1}{k} \quad (22)$$

Podobně zůstávají v platnosti též výrazy pro průchozí a_p a zpětný a_p útlum, které byly již uvedeny. Závislost jednotlivých útlumů na přenášeném kmitočtu je na obr. 59. Vidíme, že při zmenšujícím se minimálním vazebním



Obr. 60. Směrový vazební člen tvaru stíněného dvojvodice

Tab. 5. Rozměry směrového vazebního člena podle obr. 60

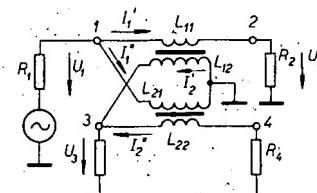
| Vazební útlum A_v [dB] | D [mm] | d [mm] | s [mm] |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| 5 | 5 | 0,375 | 0,7 |
| 10 | 5 | 0,5 | 1,4 |
| 15 | 5 | 0,5 | 2 |

kmitočtu u směrových vazebních členů, jejichž rozměry odpovídají údajům v tab. 5. Délka vazebních členů je ve všech případech $l = 225$ mm. Vidíme, že pracovní kmitočet je ve všech případech 200 MHz, což odpovídá délce $\lambda/4 = 375$ mm ve volném prostoru; činitel zkrácení použité zalévací hmoty je proto 0,6. Podle toho bylo třeba např. pro IV. TV pásmo, 24. kanál použít délku vedení 9 cm.

Pokud jde o přizpůsobení, lze dosáhnout $\text{CSV} \leq 1,2$, ovšem za předpokladu dokonale pěsnosti fyzikálních rozměrů vedení.

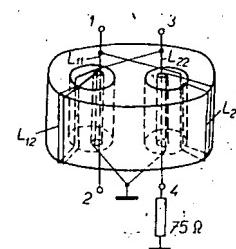
Použitá zalévací hmota Lukopren je silikonová kaučuková pasta, která vulkanizuje na vzduchu při pokojové teplotě. Její elektrické i mechanické vlastnosti jsou velmi dobré. Snáší teploty do 300 °C. Nedostatkem je, že narušuje měděné a stříbrné povrchy. Je proto třeba používat pocínované nebo jinak povrchově upravené vodiče.

L_{11} indukuje v L_{12} proud I_2 . Tento proud vytvoří na zátěžích R_3 a R_4 napětí. Druhá složka I_1' proudu podobně indukuje v L_{22} proud I_2' , který též vytvoří na R_3 a R_4 napětí a sice taková, že na odporu R_3 budou ve fázi a vytvoří napětí U_3 , zatímco na R_4 budou v protifázi. Přitom je samozřejmě důležité, aby oba transformátory měly dokonale stejný přenos jak co do amplitudy, tak i fáze a to v širokém kmitočtovém rozsahu. Vazební útlum je potom určen převodem těchto transformátorů.



Obr. 61. Zapojení transformátorového směrového vazebního člena

Pokud jde o vlastní realizaci, je vhodné použít dvojděrové jádro používané pro symetrikační členy z hmoty N1 (obr. 50). Přitom je nutné, aby délka jádra byla 8 mm. Oba transformátory jsou navinuty stejným lakovaným, vodičem o Ø asi 0,3 mm (obr. 62). Vinutí L_{12} a L_{21} určují velikost vazebního



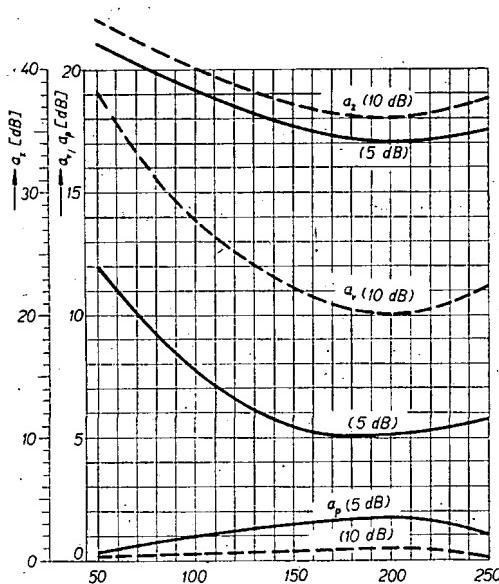
Obr. 62. Transformátorový směrový vazební člen (L_{12} a L_{21} mají po 2,5 z)

útlumu a jejich vliv vidíme na diagramech v obr. 63. Charakteristiky 1 platí pro případ, kdy L_{12} a L_{21} mají 2,5 závitu a charakteristiky 2 pro případ, že L_{12} a $L_{21} = 3,5$ závitu. Je třeba ještě upozornit na to, že vodiče L_{11} a L_{22} jsou umístěny v tenké špagetě (nejlépe silikonové) společně s první 1/2 závitu vinutí L_{12} a L_{21} na straně, která je uzemněna (obr. 62).

Z diagramu na obr. 63 též vidíme, že tento typ vazebních členů má větší průchozí útlum, zvláště v oblasti IV. a V. TV pásmu. Je způsoben ztrátami ve feritovém jádru. Speciálně pro rozsah IV. a V. TV pásmá můžeme však použít stejně provedený transformátorový člen, který je navinut na kostru např. z organického skla, jejíž rozměry a tvar odpovídají přesně feritovému dvojděrovému jádru. Průběhy tétoho útlumu při $L_{21} = L_{12} = 2,5$ závitu jsou na obr. 63 uvedeny jako křivky 3.

Pokud jde o přizpůsobení, je možno předpokládat, že při pečlivém vinutí a krátkých přívodech ke vstupním a výstupním svorkám a k odporu 75 Ω, kterým je zakončen vývod 4, dosáhneme $\text{CSV} \leq 1,5$, což je pro účely malého rozvodu vyhovující.

Příklad konstrukčního řešení bude ukázán při návrhu kompletního slučovacího členu.



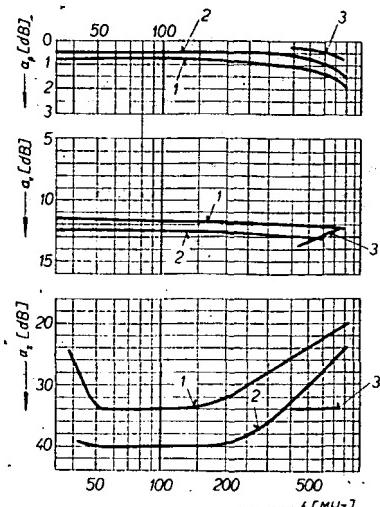
Realizace transformátorového směrového vazebního člena

Tento člen používá dva vf transformátory, zapojené tak, aby při cestě signálu v jednom směru se dílčí složky napětí scíaly, zatímco u signálu přicházejícího opačným směrem se dílčí složky napětí vzájemně ruší. Zapojení a složky proudů a napětí jsou na obr. 61. Proud ze zdroje vf signálu se dělí na dvě složky I_1 a I_1' . Proud I_1 při průtoku vinutím

útlumu se zvětšuje průchozí útlum, až při teoretické hodnotě 3 dB budou oba stejně.

Tento typ směrového vazebního členu můžeme realizovat ve tvaru stíněného dvojvodiče podle obr. 60. Použijeme-li jako dielektrikum zalévací hmotu Lukopren N 1522, budou pro minimální vazební útlumy 5, 10 a 15 dB rozměry vedení podle tab. 5.

Na obr. 59 jsou závislosti průchozího, zpětného a vazebního útlumu na přenášeném



Obr. 63. Průběhy průchozího a_p , vazebního a_v a zpětného a_r útoku transformátorových směrových vazebních členů

Jiným případem jejich využití jsou odbočovací členy v domovní rozvodné sítí. V ní slouží jako instalacní prvky a musí být po této stránce mechanicky zabezpečeny.

Transformátorový slučovač dvou kanálů

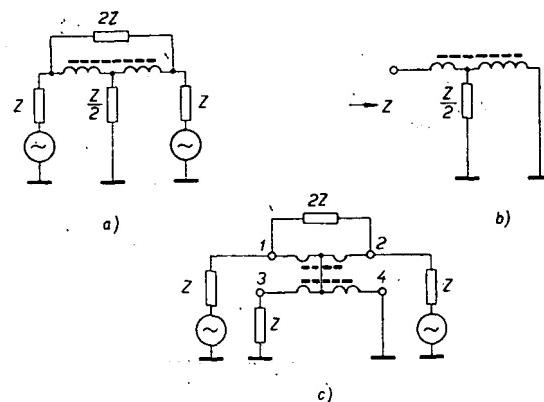
Tento člen je možno řešit pomocí vedení. Musíme se však smířit s jeho funkcí pouze v úzkém obooru kmitočtů. Druhou možností je použít tzv. hybridní člen. Ten má tu vlastnost, že dva zdroje stejného kmitočtu o impedanci Z můžeme sloučit na jedné zátěži $1/2 Z$, aniž by se vzájemně ovlivňovaly. Schématicky je hybridní člen znázorněn na obr. 64a. Budeme-li slučovat signály různých kmitočtů, rozdělí se přiváděná energie z jednoho zdroje mezi dvě zátěže tak, aby se nemohly vzájemně ovlivňovat.

Z toho co bylo uvedeno, vidíme, že obvod nemůžeme použít samostatně, protože by způsobil velkou chybu nepřizpůsobením. Potřebné zátěže hybridního člena $1/2 Z$ musíme dosáhnout transformací. Nedílnou součástí slučovacího nebo rozbočovacího člena musí být proto kromě hybridního obvodu ještě širokopásmový transformátor s převodem impedance 2:1. Schématické znázornění tohoto transformátoru je na obr. 64b a kompletního slučovacího, popř. rozbočovacího člena na obr. 64c. Způsob vinutí na dvojděrovém feritovém jádře je na obr. 65.

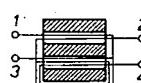
Vinutí je na dvojděrovém feritovém jádře pro symetrický člen o rozměru $15 \times 8 \times 12$ mm z materiálu N1. Zkracovat jádro na 8 mm není vhodné, protože se tím zhorší přizpůsobení při 50 MHz. Chceme-li zaručit parametry tohoto člena v rozsahu od I. do V. TV pásmu, je k vinutí třeba použít pásek o šířce 3 mm a tloušťce 0,4 mm. Jako izolace a diélektrikum mezi závity je třeba použít teflonový pásek tloušťky 0,5 mm.

Nákresy dílů, z nichž je sestaveno vinutí, jsou na obr. 66. K sestavení jednoho člena je třeba po jednom dílu podle obr. 66a, b, c a dvou kusů izolačních vložek (obr. 66d). Způsob sestavení vysvětlíme podle obr. 67a až d:

1. Vyšrafováné plochy a až c pocínujeme.
2. Tvar dílu na obr. 66a upravíme na tvar podle obr. 67a.

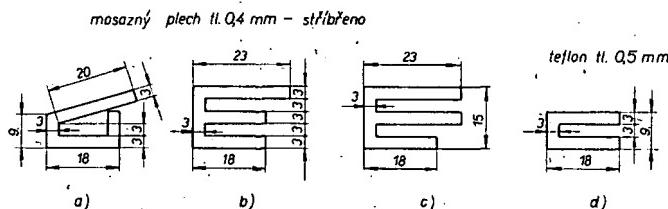


Obr. 64. Schematické znázornění hybridního člena (a), impedančního transformátoru pro hybridní člen (b), úplného slučovacího (rozbočovacího) člena s hybridem (c)

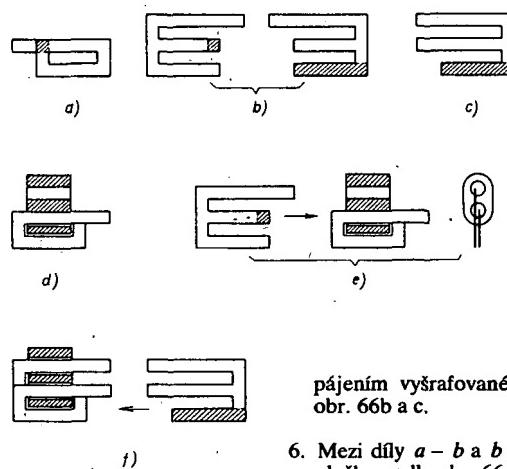


Obr. 65. Vinutí hybridního slučovacího člena na dvojděrovém feritovém jádře

3. Díl na obr. 66a vsuneme do feritového jádra podle obr. 67d.
4. Díl na obr. 66b zasuneme do jádra pod díl na obr. 66a a to podle obr. 67e a spojíme vyšrafováné plochy.
5. Díl na obr. 66c zasuneme do jádra pod díl na obr. 66b podle obr. 67f a spojíme



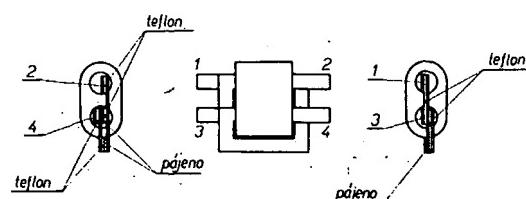
Obr. 66. Díly vinutí hybridního slučovacího člena



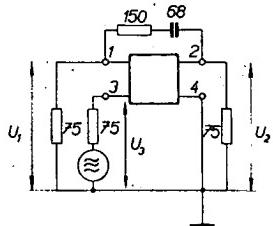
pájením vyšrafováné plochy dílu podle obr. 66b a c.

6. Mezi díly a - b a b - c vložíme izolační vložky podle obr. 66d.

Obr. 67. Postup při skládání dílů vinutí hybridního slučovacího člena



Obr. 68. Sestavený hybridní slučovací (rozbočovací) člen



Obr. 69. Schematické zapojení slučovacího (rozbočovacího) členu

Mechanické provedení sestaveného slučovacího členu je na obr. 68. Schéma zapojení celého slučovacího nebo rozbočovacího členu je zřejmé z obr. 69. Kondenzátor 68 pF v sérii s odporem 150 Ω je nutný s ohledem na vyrovnání fáze v celém kmitočtovém rozsahu. Stanovení charakteristických veličin je obdobné jako u směrového vazebního členu. Označení vývodů je však s ohledem na konstrukční provedení jiné. Pro představu je výhodnější funkce rozbočovacího členu. V tom případě platí, že přivedeme-li na svorku 3 ze zdroje o impedanci 75 Ω signál U_3 , obdržíme na svorkách 1 a 2, za předpokladu, že budou zatíženy impedancí 75 Ω, napětí U_1 a U_2 . Pro rozbočovací útlum zde platí

$$a_r = 20 \log \frac{U_3}{U_1} = 20 \log \frac{U_3}{U_2} \quad [\text{dB}] \quad (23)$$

Stejnou velikost má potom i slučovací útlum při inverzním použití tohoto členu (na svorky 1 a 2 připojíme zdroje signálů o impedanci 75 Ω a svorka 3 představuje výstup zatížený též 75 Ω).

Oddělovací útlum určuje, jak velkým útlumenem jsou odděleny zdroje nebo zátěže připojené v bodech 1 a 2. Prakticky ho zjistíme měřením napětí U_2 na zátěži 75 Ω v bodě 2. Pokud přivedeme do bodu 1 napětí U_1 , bude platit

$$a_{od} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \quad [\text{dB}] \quad (24)$$

Elektrické parametry tohoto členu jsou:

slučovací (rozbočovací) útlum v rozsahu I. a III. TV pásmu 3,5 dB (max. 4,2 dB). V rozsahu IV. a V. TV pásmu 4 dB (max. 4,4 dB);

oddělovací útlum v celém rozsahu I. až V. TV pásmu je větší než 20 dB;

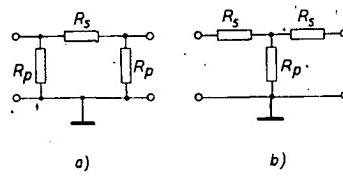
přípůsobení (CSV) všech výstupů v celém kmitočtovém rozsahu je lepší než 1,5.

Pokud se týká provedení, platí totéž, co bylo uvedeno ve statích o transformátorových směrových vazebních členech.

Útlumový člen

Chceme-li z nějakého důvodu zmenšit výstupní signál, rozváděný vedením, nesmíme tak učinit koupí zářazením odporového děliče. Pořušíli bychom tím zásadu, že všechny díly rozvodu musí mít vstupní i výstupní impedanci rovnou charakteristické impedanci, tj. 75 Ω. Musíme proto použít tzv. útlumový člen. Je to odporový článek tvaru Π nebo T, který zaručuje určitý útlum a přitom má na vstupní i výstupní straně impedanci 75 Ω (obr. 70). V tab. 6 jsou uvedeny odpory R a R_p , které jsou nutné pro získání požadovaného útlumu.

Pokud se týká konstrukce, je nutné dodržet zásady nevyhnutelné u všech zařízení, která musí zpracovávat kmitočty VKV a UKV: především zaručit minimální parazit-

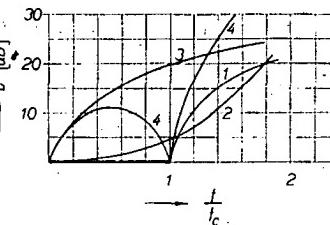


Obr. 70. Odporový útlumový článek. Π (a) a T (b)

Tab. 6. Odpory R a R_p útlumových článků Π a T pro požadovaný útlum

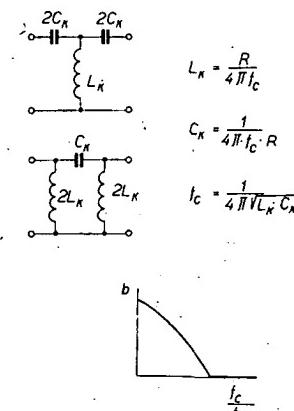
| Útlum [dB] | Článek Π | | Článek T | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | $R_s[\Omega]$ | $R_p[\Omega]$ | $R_s[\Omega]$ | $R_p[\Omega]$ |
| 1 | 9 | 1650 | 4,2 | 650 |
| 2 | 17 | 660 | 8,5 | 330 |
| 3 | 26 | 430 | 13 | 215 |
| 4 | 34 | 330 | 17 | 155 |
| 5 | 45 | 265 | 22 | 120 |
| 6 | 55 | 230 | 26 | 97 |
| 7 | 67 | 200 | 29 | 81 |
| 8 | 80 | 175 | 33 | 69 |
| 9 | 93 | 160 | 36 | 60 |
| 10 | 106 | 145 | 40 | 51 |
| 11 | 125 | 135 | 44 | 44 |
| 12 | 140 | 125 | 46 | 39 |
| 13 | 160 | 120 | 48 | 34 |
| 14 | 185 | 110 | 50 | 31 |
| 15 | 210 | 106 | 53 | 27 |

propustného pásmá, a velikosti veličin L_K [H] a C_K [F] pro daný zakončovací odpór R [Ω]. V obr. 72 je pro oba typy filtrů útlum b v závislosti na poměrném kmitočtu f/f_c pro různé zakončovací impedance. Křivka 1 platí pro idealizovaný případ, kdy je filtr zakončen vždy svou charakteristickou impedancí Z_0 , idealizovaný proto, protože Z_0 Zobelový článek k je veličina kmitočtově značně závislá. Praxi bližší je křivka 2, kdy je filtr zakončen konstantním reálným odporem R , pro který byl filtr vypočten (viz výrazy pro L_K , C_K v obr. 71). Většinou bude $R = 75 \Omega$. Křivka 3 platí pro zakončení malými impedancemi, konkrétně pro $Z = 0,1R$. Naopak křivka 4 platí pro zakončení velkými impedancemi, zde pro $Z = 10R$. Útlumový pól, tj. kmitočet maximálního útlumu, je pro $f = \infty$.



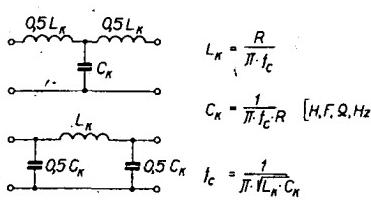
Obr. 72. Závislost útlumu dolní propusti na kmitočtu

V obr. 73 je Zobelův filtr k ve formě horní propusti jako článek T , popř. ekvivalentní článek Π , spolu s výrazy pro mezní kmitočet f_c , C_K a L_K pro zakončení daným reálným odporem R . V obr. 73 je též zidealizovaný průběh útlumu b pro zakončení kmitočtově závislou charakteristikou impedancí filtru (Z_0). Průběh útlumu v obr. 73 je analogický útlumu v obr. 72 s tím rozdílem, že útlumový pól je pro $f = 0$. Rovněž vlivy zakončovacích impedancí jsou obdobně jako u dolní propusti. Křivka v obr. 73 odpovídá křivce 1 v obr. 72.

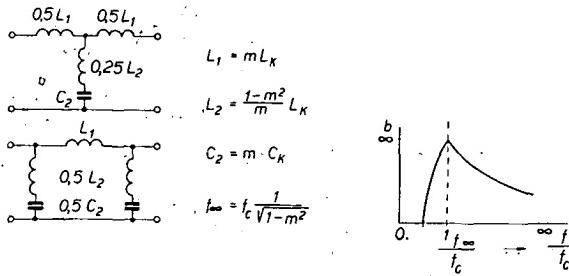


Obr. 73. Horní propust, článek k

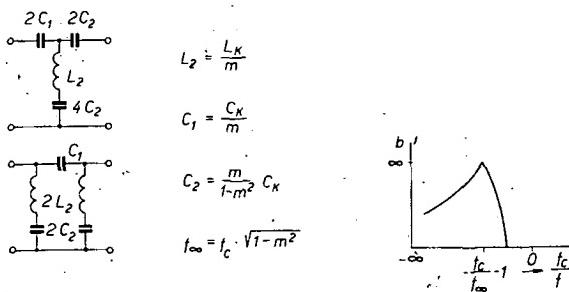
Zmínili jsme se o tom, že Z_0 filtrů k je veličina kmitočtově závislá. Značně se mění obzvláště v okolí mezního kmitočtu f_c . Připusťme-li maximální odchytku Z_0 od zakončovacího odporu R asi 30 %, tj. $Z_0 = 0,7R$ pro článek T , popř. $Z_0 = 1,3R$ pro článek Π , pak je nutno provozovat filtr nikoli od f_c , nýbrž od kmitočtu asi o 30 % vyššího či nižšího podle typu filtru, tedy pro horní



Obr. 71. Dolní propust, článek k



Obr. 74. Dolní propust, článek m



Obr. 75. Horní propust, článek m

propust od kmitočtu $1,3f_c$ výše, pro dolní propust do kmitočtu $0,7f_c$. Položíme-li si tvrdší požadavek na impedanci, např. aby max. odchylka Z_0 byla asi 17 %, tj. $Z_0 = 0,83R$, popř. $Z_0 = 1,17R$, pak provoz je možný u horní propusti teprve od kmitočtu $2f_c$ výše, u dolní propusti pouze do kmitočtu $0,5f_c$. Požadavek, aby $R = Z_0$ je splnitelný pouze teoreticky, pro $f = \infty$ u horní propusti, popř. pro $f = 0$ pro dolní propusti. Souhrnně tedy platí, že impedanční funkce filtrů k je tím lepší, čím je provozní kmitočtová oblast vzdálenější od f_c . To je jeden ze zásadních nedostatků filtrů k .

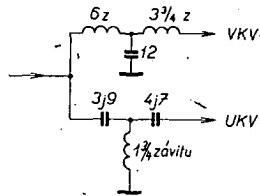
Rovněž z hlediska útlumu nejsou vlastnosti filtrů k nijak vynikající (viz křivky v obr. 72). Hrana přenosové charakteristiky je málo strmá, což vyplývá ze skutečnosti, že pól útlumu nastává pro $f = \infty$, popř. pro $f = 0$. Přesto se tyto filtry dost často užívají např. ve slučovacích jednotkách TV rozvodu. Jejich návrh i realizace jsou totiž velmi jednoduché. Zvětšit útlum, popř. strmost hrany přenosové charakteristiky lze pouze zařazením článků do kaskády. Tohoto způsobu se však využívá poměrně málo, většinou pouze v kombinaci s jinými útlumovými články tam, kde je třeba doplnit filtr obvodem s útlumovým pólem na okraji značně širokého kmitočtového pásmá.

Zobelovy články k jsou v obr. 71, 73 jednak jako článek T a jednak jako článek Π . O použití určitého typu rozhoduje jednak snazší realizovatelnost pro daný případ, jednak impedanční poměry v nepropustném pásmu: pro článek T konverguje vstupní a výstupní impedance k ∞ , pro článek Π k 0. Oba typy článků lze i kombinovat. Impedanční poměry v nepropustném pásmu jsou pak dány převážně typem vstupního a výstupního článku.

Potrebujeme-li propust s větší strmostí čela přenosové charakteristiky, je možno použít Zobelovy filtry m . Návrh vychází z článků k , upravených např. tak, že podélná větev má reaktanci mX , kde X je reaktance této větve v článku k a m je konstanta, podle níž má obvod název. Příčná větev obsahuje

rozmístit póly útlumu tak, aby minimální útlum mezi póly byl vždy stejný a dosahoval požadované velikosti. Řešit výše uvedený problém pro malý počet kaskádně řazených článků m lze např. tak, že se zkusme „sečtou“ jejich charakteristiky a udělá se optimizace. Existuje i možnost řešit úkol graficky pomocí speciální šablony. Profesionálně se filtry většinou navrhují pomocí tzv. katalogů, které obsahují prakticky všechny požadované varianty filtrů.

Uvedené filtry jsou velmi často používány jako výhybky, což jsou kombinace horní a dolní propusti, jejímž účelem je sloučit či rozdělit dva signály patřící kmitočtově vzdálené. Typickým případem je výhybka VKV-UKV (VHF-UHF), používaná pro sloučení nebo rozdělení TV signálů I. až III. pásmá a IV. a V. pásmá. Běžně používané zapojení je na obr. 76. Při návrhu výhybky



Obr. 76. Použitelné zapojení výhybky

vycházíme z výrazů pro články k , popř. m . Spojme-li však dva takové filtry ve výhybku, bude výsledek nevalný. Vzájemným působením obou filtrů se poruší činnost, především z hlediska impedančního. Existuje však velmi vtipná úprava, která tento problém řeší. Matematicky lze dokázat, že se činnost filtru plně obnoví, přiřadíme-li oběma filtrům reaktančné podle obr. 77, tedy dolní propusti jůž C_k pro článek k .

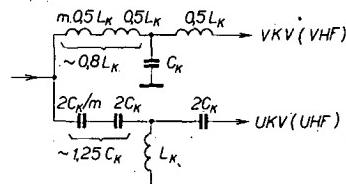
Tvar přenosové charakteristiky je na obr. 74 spolu s výrazem pro výpočet polohy útlumového pólu f_c z konstanty m . Volba konstanty m má pro celý návrh velký význam. Jedenak určuje polohu pólu (výraz v obr. 74), jednak značně ovlivňuje impedanční poměry. Optimální je $m = 0,6$. V tomto případě je možno filtr použít až do těsně blízkosti mezního kmitočtu f_c , provozní pásmo může začít již 5–10 % od kmitočtu f_c . Použitelné rozmezí m je $0,4$ až $0,8$. Provozní pásmo je v tomto případě nutno posunout o 10 až 25 % od f_c . Také v tomto případě jsou však impedanční poměry zásadně výhodnější než u článků k .

Další, lze říci hlavnou výhodou článků m je jejich útlumová charakteristika. Pól útlumu je posunut blíže k f_c . Celé charakteristiku je podstatně strmější. Zásadním přínosem je nutnost použít rezonanční obvody.

Všechny filtry s rezonančními obvody jsou uvedeny v několika alternativách: jednak jako články T a Π , jednak s paralelními nebo sériovými rezonančními obvody. O rozdílech mezi články Π a T jsme již psali (platí, co bylo řečeno o článkách k). Pokud jde o typ rezonančních obvodů, rozhodují obvykle různá detailní elektrická hlediska, jako velikost L , C pro to které zapojení, zmenšování nezádoucích vazeb, délka spojů apod. Častěji se dává přednost sériovým rezonančním obvodům, které umožňují prakticky likvidovat spoje kondenzátorů použitím terčikových kondenzátorů; jsou výhodnější i v hledisku škodlivých vazeb.

Obdobně lze vytvářet i horní propusti, články m tohoto typu jsou v obr. 75 spolu s výrazy pro výpočet indukčnosti a kapacit L_K a C_K určíme opět z výrazů pro horní propust z článku k v obr. 73.

Z uvedených Zobelových článků m se sestavují složitější filtry. Úkolem návrhu je

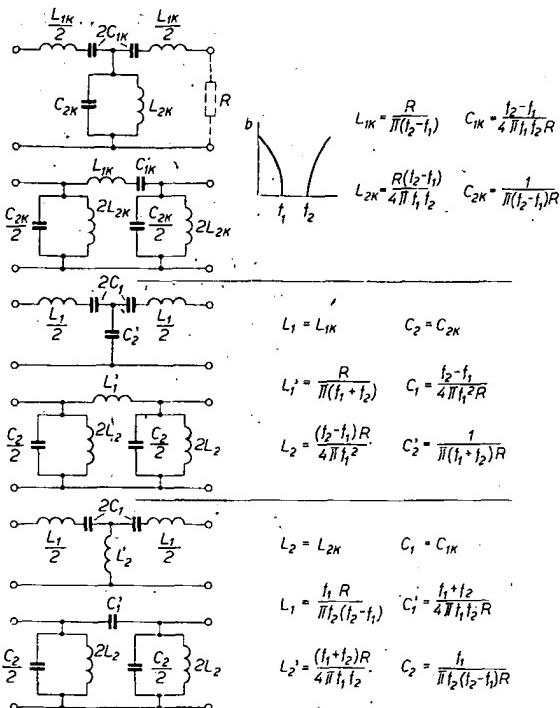


Obr. 77. Upravené výhybky

indukčnost $mL/2$, horní propusti kondenzátor $2C/m$. Optimální konstanta $m = 0,6$ (jako u článků m). Prakticky to znamená, že vstupní indukčnost zvětšíme z $0,5L$ na $0,5L + (0,6 \cdot 0,5)L = 0,8L$, zatímco kondenzátor zmenšíme z $2C$ na $2C/(1+m)$ (tj. $2C/m + 2C$ v sérii). Použitelné zapojení spolu s údaji L a C je v obr. 76.

Uvedená výhybka může sloužit jako jednoduchá slučovací jednotka, umožňující paralelně spojit antény UKV a VKV, popř. rozdělit oba signály do dvou vstupů (VHF, UHF) televizoru v účastnické záuvce. Složitější slučovací jednotka vznikne např. přířazením další výhybky na výstup VHF pro rozdělení I. a III. pásmá, popř. FM.

Dalším typem filtrů, které se vyskytují ve slučovacích jednotkách, jsou pásmové propusti, příp. zádrž. Obvody tohoto typu známe z přijímačů a zesilovačů, v našem případě je však uspořádání trochu jiné. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že se mezi jednotlivými obvody nepoužívá indukční vazba. Ta totiž vyžaduje stínění a tomu se snažíme vyhnout, především z důvodu jednoduchosti zhotovení. Pásmové propusti, které používáme v našem případě, mají jednotlivé obvody vyzázané galvanicky.



Obr. 78. Pásmové propusti

Nejjednodušší filtry tohoto typu vycházejí opět z teorie Zobelových článků T, tj. jejich příčná impedance je inverzní k impedanci podélné. Různá provedení článků T a Π jsou v obr. 78; jsou uvedeny i výrazy pro výpočet indukčností a kapacit filtru a zidealizovaný průběh útlumu. Rozdíl mezi filtrem T a filtrem Π je obdobný jako u propustí, tj. v nepropustném pásmu ve vstupní impedance článku T zvětšuje (sériový vstup), u článku Π zmenšuje (paralelní vstup).

Složitější filtry je opět možno výhodně řešit pomocí katalogů.

Zesilovače

Elektrické parametry

Úkolem zesilovačů televizního rozvodu je především nahrazovat ztráty rozvodu, dále pak zesilovat slabé signály na potřebnou úroveň, zajišťovat žádoucí odstup signálu od šumu apod. Zesilovače bývají jednak úzkopásmové, jednak širokopásmové. Úzkopásmové zesilují obvykle jediný kanál televize, popř. celé pásmo rozhlasu FM. Radí se hned za jednotlivé antény, tedy před slučovací jednotkou. V jejich zapojení se jako vazební prvky mezi jednotlivými stupni vyskytují selektivní členy, např. dvouobvodové pásmové propusti. Naproti tomu širokopásmové zesilovače se obvykle řadí až za slučovací jednotku, zesilují tedy sloučené televizní a rozhlasové signály. Lze je však použít i jako antenní předzesilovače, např. pro anténu UHF. Zapojení charakterizují aperiodické vazební prvky, tj. reálné odpory, tlumivky, propusti, aperiodické přizpůsobovací obvody. Většinou jsou v jednotlivých stupních zavedeny zpětné vazby, které upravují impedanční přizpůsobení a přenosové charakteristiky.

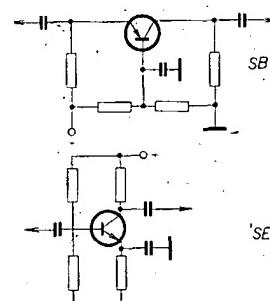
Nelze přistoupit k popisu zesilovačů, seznámíme se stručně s parametry, které definují vlastnosti zesilovače. V prvé řadě je to **přenosová charakteristika**, tj. kmitočtová závislost zisku G . U širokopásmových zesilovačů je vyjádřena jako odchylka zisku ΔG od jmenovité velikosti. Tak např. profesionální

často omezuje na produkty 3. řádu. Nejjednodušší je metoda pomocí dvou signálů f_1 , f_2 , indikuje se produkt $2f_1 \pm f_2$. Pro daný účel je nutné, aby tento záznam nebyl větší než $I_m \geq -53$ dB, nebo raději $I_m = 60$ dB. Obecně se linearita zhoršuje se zvětšujícím se základním signálem. Proto se tento parametr definuje intermodulačními produkty pro určité výstupní napětí (vybuditelnost). Např. údaj $I_m \geq -53$ dB 3. řádu pro 100 dBµV dvousignálově znamená, že zesilovač při výstupním špičkovém napětí 100 dB nad 1 µV, tedy 100 mV, produkuje parazitní signály 3. řádu, měřeno dvousignálovou metodou $I_m = -53$ dB, tj. parazitní signál je o údaj I_m menší než špičkové výstupní napětí. Prakticky to znamená, že takový zesilovač nesmí mít na výstupu špičkový signál větší než 100 mV, jinak se může zhoršit kvalita obrazu, jak již bylo uvedeno v odstavci o rušicích vlivech. Mimo vyše uvedenou dvousignálovou metodu existují měřicí metody vyžívající tří, popř. více signálů. V Evropě se dosti používá třisignálová metoda (kanálová), která imituje poměry v jednom kanálu barevného televizního signálu (nosná obrazu, barvonosná, nosná zvuku). Udaje naměřené touto metodou jsou asi o 2 dB lepší než údaje získané „dvousignálově“, což je příslušnými normami respektováno.

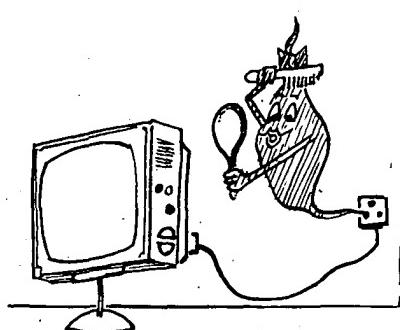
Dalším důležitým parametrem vždesilovačů je **šumové číslo F**. Je definováno jako poměr odstupu signálu od šumu na vstupu k obdobnému odstupu na výstupu. Šumové číslo nás tedy informuje o tom, o kolik dB se zhorší poměr signál/sum po průchodu zesilovačem. Šumové číslo se udává buď v [dB] nebo v jednotkách [kT_0] (obr. 8). Rozmezí šumových čísel, které lze realizovat s moderními tranzistory, se u předesilovačů pohybují mezi 3 až 5 dB, u koncových zesilovačů 6 až 8 dB (tj. 2 až 3, popř. 4 až 6,3 kT_0).

Vlastnosti tranzistorů

Obecně přicházejí v úvahu pro obor VKV a UKV (VHF, UHF) především dva typy zapojení jednotlivých stupňů zesilovačů. Je to zapojení se společnou bází (SB) a společným emitem (SE) a jejich modifikace. Princip zapojení je na obr. 79. V zapojení SE



Obr. 79. Zesilovač SB a SE



je výstupní signál vůči vstupnímu v kmitočtovém oboru nf až VKV fázově pootočen o asi 180° . Kapacitní zpětná vazba zavedená parazitní vnitřní kapacitou C_{bc} je záporná. Zapojení SB neotáčí fázi signálu, vstupní a výstupní signál jsou přibližně ve fázi, kapacitní vazba přes vnitřní kapacitu C_{ec} je kladná; při příliš velké C_{ec} se stupeň mění v oscilátor. Zapojení SB se používalo téměř

výhradně pro úzkopásmové kanálové zesilovače. Pro širokopásmové zesilovače bylo jeho využití obtížné: malá stabilita v širším kmitočtovém pásmu, obtíže se impedančním širokopásmovým přizpůsobením mezi stupni (zesilovač SB má totiž příliš odlišnou vstupní a výstupní impedance). Dnes se zapojení SB používá celkem výjimečně v úzkopásmových zesilovačích.

Typickým představitelem tranzistorů pro zapojení SB byl populární tranzistor AF139, později AF239, popř. v pouzdře z plastiku AF367. Mezní kmitočet $f_T \approx 800$ MHz, šumové číslo $F = 6$ až 8 dB na 800 MHz. Nás ekvivalent je GF507 s poněkud horšími vlastnostmi. Tranzistory řady AF můžeme dnes vidět prakticky pouze u TV vstupních jednotek; i v nich jsou však postupně nahrazovány modernějšími typy.

Zásadní změnu v Evropě konstruovaných zařízení přinesl kfemikový tranzistor BFY90 (a jemu podobné). Tento tranzistor byl podle firemní literatury koncipován výlučně pro zapojení SE. Jeho mezní kmitočet je $f_T \approx 1,4$ GHz, šumové číslo $F = 5,5$ dB na 800 MHz. Vstupní impedance pro zapojení SE je blízká 75 Ω. Jeho největším přínosem je však zásadní zlepšení linearity. Lze říci, že významné přispěl rozvoji domovních rozvodů. Umožňoval realizovat stabilní, snadno nastavitelné selektivní zesilovače bez neutralizace. Navíc však umožnil konstruovat zesilovače širokopásmové, neboť jeho výstupní impedance bylo možno širokopásmově přizpůsobovat ke vstupní impedance následujícího stupně. V Evropě byl využíván pro domovní rozvod téměř masově. Též československé zesilovače pro domovní rozvody vyráběné částečně podle zahraniční licence jsou osazovány BFY90.

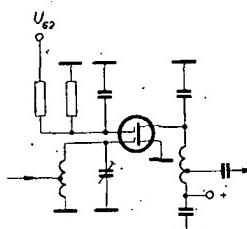
Přibližně v roce 1974 se v katalogu firmy Philips objevil tranzistor BFR91, který znamenal další kvalitativní skok ve vývoji evropských tranzistorů: mezní kmitočet $f_T \approx 5$ až 6 GHz, šumové číslo $F = 1,8$ dB na 500 MHz (pro šumové, nikoli výkonové přizpůsobení), vynikající linearity. Samozřejmě pouze pro zapojení SE.

A jaký je dnešní stav? V katalogu firmy Siemens 78/79 je BFR91 doporučován již pouze pro směšovače, budiče, oscilátory. Pro předesilovače s malým šumem se navrhují tranzistory BFR14 s $f_T \approx 5$ až 6 GHz a šumovým číslem 1,5 až 2 dB na 2 GHz (!). Přínos tranzistorů řady BFR znamená vlastně převrat v dálkovém příjmu v oboru UKV. Speciální předesilovače osazené těmito tranzistory umožňují „slušný“ příjem televize již tehdy, je-li na antenních svorkách signál asi 10 μV!

Až doposud jsme se zabývali tranzistory bipolárními. V poslední době se však začinají prosazovat v určitých oborech výroby techniky tranzistory unipolární. Jsou to polovodiče typu MOSFET. Typickým představitelem jsou BF900, BF905 firmy TI, popř. jeho evropský ekvivalent BF961, BF960 fy Siemens. Základní zapojení zesilovače je v obr. 80. Charakteristické vlastnosti lze shrnout:

1. Velká vstupní impedance, avšak se značnou kapacitní složkou.
2. Výborná linearity.
3. Možnost rozsáhlé regulovat zisk.
4. Malý šum.

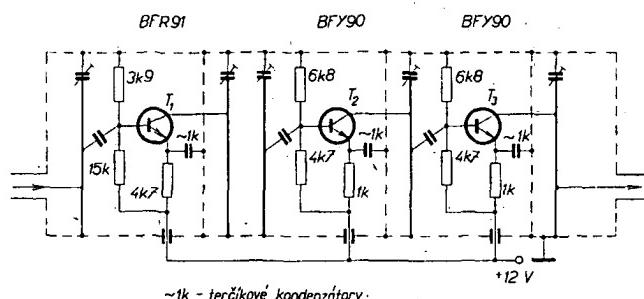
Z uvedené stručné charakteristiky je zřejmé, že tranzistory řízené polem mohou nahradit bipolární tranzistory pouze v zesilova-



Obr. 80. Zesilovač s tranzistorem MOSFET

vstupní i výstupní impedance bipolárního tranzistoru lze dobře využít i v úzkopásmovém zesilovači, kde je lze vhodně přizpůsobit požadavkům na šířku pásmu transformaci, pomocí odbocky na ladící indukčnosti (viz obr. 81). V širokopásmovém zesilovači je dokonce malá průchozí impedance bezpodmínečně nutná, neboť redukuje vliv parazitních reaktancí, které by jinak způsobovaly zvláštní přenosové charakteristiky.

Jak je to vlastně s použitelností tranzistorů řízených polem ve srovnání s moderními bipolárními tranzistory? Pokud jde o lineariza-



Obr. 81. Kanálový zesilovač UKV (UHF)

čích úzkopásmových. Širokopásmový zesilovač v nich realizovat prakticky nelze, především pro velkou vstupní impedance a velkou reaktanční složku na vstupu a výstupu. Impedančně lze stupně totiž přizpůsobit pouze pro úzké pásmo. Naproti tomu relativně malé

tu, objektivní srovnání zatím k dispozici nemáme. Nespornou výhodou je možnost snadno regulovat zisk. Změnou napětí U_{G2} (obr. 80) lze dosáhnout změny zisku až -40 dB a to při zachování linearity. Tato schopnost bipolárnímu tranzistoru prakticky

Tab. 7. Zahraniční tranzistory pro zesilovače TV signálu

| Typ | Druh | Výrobce | f_T [GHz] | $G[\text{dB}]$ / $f[\text{GHz}]$ | $F[\text{dB}]$ / $f[\text{GHz}]$ | Příkon max. [mW] | $U_{CE\ max}$ [V] | $I_{C\ max}$ [mA] |
|--------|-------|---------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| BFY90 | N, K | P, S | 1,4 | 23/0,2 8/0,8 | 2,5/0,2 | 200 | 15 | 50 |
| BUF30 | N, K | P, S | 1,6 | 21/0,2 7,5/0,8 | 5/0,5 | 250 | 10 | 100 |
| BFX89 | N, K | P, S | 1,2 | 22/0,2 7/0,8 | 3,3/0,2 7/0,8 | 200 | 15 | 50 |
| BFR90 | N, PL | P | 5,0 | 19,5/0,5 2,8/0,8 | 2,3/0,2 1,7/0,2 | 180 | 15 | 25 |
| BFR91 | N, PL | P | 5,0 | 16,5/0,5 2,3/0,8 | 1,7/0,2 2,3/0,8 | 180 | 12 | 35 |
| BFR90 | N, PL | S | 4,5 | 13/0,8 2/0,8 | 2/0,8 | 200 | 12 | 30 |
| BFR91 | N, PL | S | 4,5 | 12/0,8 2,8/0,8 | 2,8/0,8 | 250 | 9 | 50 |
| BFR92 | N, PL | S | 4,5 | 13/0,8 2/0,8 | 2/0,8 | 200 | 15 | 30 |
| BFR93 | N, PL | S | 4,6 | 13/0,8 2,5/0,8 | 2,5/0,8 | 200 | 15 | 50 |
| BFR96 | N, PL | S | 5,0 | 9/0,8 4,5/0,8 | 4,5/0,8 | 500 | 15 | 90 |
| BFQ19 | N, PL | S | 5,0 | 9/0,8 3/0,8 | 3/0,8 | 500 | 15 | 75 |
| BFQ28 | N, KR | S | 5,5 | 14/2 3/2 | 3/2 | 200 | 15 | 20 |
| BFQ29 | N, PL | S | 4,0 | 20/0,2 1/0,2 | 1/0,2 | 150 | 15 | 30 |
| BFR14A | N, KR | S | 5,0 | 12/2 6,0 4,3 | 2/2 1,5/2 1,5/2 | 250 | 12 | 30 |
| B | | | | | | 250 | 12 | 30 |
| C | | | | | | 700 | 20 | 35 |
| BFS55A | N, K | S | 4,5 | 12/0,8 2,9/0,8 | 2,9/0,8 | 325 | 15 | 50 |
| BFT65 | N, PL | S | 4,5 | 12/0,8 2,8/0,8 | 2,8/0,8 | 250 | 15 | 50 |
| BFT66 | N, K | S | 4,0 | 20/0,2 1/0,2 | 1/0,2 | 200 | 15 | 30 |
| BFT67 | N, K | S | 4,0 | 20/0,2 1,5/0,2 | 1,5/0,2 | 200 | 15 | 30 |
| BFT75 | N, PL | S | 4,6 | 16/0,2 2,5/0,2 | 2,5/0,2 | 200 | 15 | 50 |
| BFQ23 | P, PL | V | 5,0 | - 2,4/0,5 | 2,4/0,5 | 180 | 12 | 35 |
| BFQ24 | P, K | V | 5,0 | - 2,4/0,5 | 2,4/0,5 | 150 | 12 | 35 |
| BFQ32 | P, PL | V | 4,2 | 14/0,5 3,75/0,5 | 3,75/0,5 | 500 | 15 | 150 |
| BFQ33 | N, KR | V | 14,0 | 13/2 2,5/2 | 13/2 2,5/2 | 180 | 8 | 20 |
| BFR96 | N, PL | V | 5,0 | 16/0,5 3,3/0,5 | 16/0,5 3,3/0,5 | 500 | 15 | 150 |
| BFT24 | N, PL | V | 2,3 | 17/0,5 3,8/0,5 | 17/0,5 3,8/0,5 | 30 | 5 | 2,5 |
| BFR99 | P, K | SGS | až 2,3 | 10/0,8 až 5/0,8 | 10/0,8 až 5/0,8 | 225 | 25 | 50 |
| BFT95 | P, PL | SGS | 5,0 | 12/1 až 2,5/1 | 12/1 až 2,5/1 | 200 | 15 | 50 |
| BFT96 | P, PL | SGS | 5,0 | 9/1 4/1 | 9/1 4/1 | 500 | 15 | 75 |

Pozn.: Ve sloupci Druh: N - n-p-n, P - p-n-p, K - kovové, PL - plastikové, KR - keramické pouzdro; ve sloupci Výrobce: P - Philips, S - Siemens, V - Valvo, SGS - Società Generale Semiconduttori S. p. A. Například $U_{CE\ max}$ se rozumí s bází naprázdno

chybí. Unipolární tranzistor je bez konkurence pro úzkopásmová zařízení s nutností regulovat zisk (AVC). Šumové jsou katalogové údaje obou typů zhruba stejné. Prakticky srovnání zatím nemáme k dispozici.

Souhrnně lze konstatovat, že se unipolární tranzistory již plně prosadily ve vstupních jednotkách přijímačů FM a začínají se prosazovat i ve vstupních obvodech televizorů – však jednoznačně, zvláště na UKV. Pokud jde o domovní rozvody, vedou jasné bipolární tranzistory.

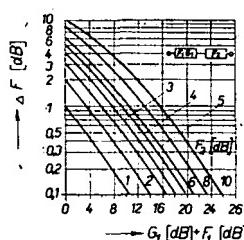
Na závěr této statí uvádíme tabulkou vybraných tranzistorů VKV (VHF) a UKV (UHF), používaných v Evropě pro domovní rozvody (tab. 7).

Základní zapojení

Vzhledem k tomu, že se v domovních rozvodech většinou využívají bipolárních tranzistorů, budeme se v následujícím zabývat pouze zesilovači tohoto typu. Již v úvodu předchozí statí byla zmínka o dvou základních typech zapojení SB, SE (obr. 79). Profesionální zařízení v úvahu přicházejícího typu, širokopásmová i úzkopásmová, jsou převážně řešena SE. Též naše úvahy se budou týkat zesilovačů v zapojení SE.

Přestože dle popisované zařízení je navrženo jako širokopásmové, seznámíme se alespoň stručně s problematikou úzkopásmových zesilovačů. Navrhovaný rozvod bude totiž možno takovými zesilovači v případě nutnosti běžně doplnit.

V obr. 81 je schéma v minulosti realizovaného třistupňového zesilovače pro UKV, které poslouží k demontraci jednotlivých problémů. Osazení tranzistory je poněkud nesourodé, úsporné. Na vstupu je poměrně moderní tranzistor BFR91, na dalších stupních jsou starší BFY90. Výborný první tranzistor zajišťuje dobré šumové poměry. Jak známo, šum zesilovače je především dán šumem prvního stupně. Poměrně malý vliv má ještě druhý stupeň; přehledně je tato závislost vynesena v nomogramu obr. 82.



Obr. 82. Vliv druhého stupně na šum zesilovače

Takže např. v našem případě je šumové číslo prvního stupně na 750 MHz $F_1 = 4 \text{ dB}$ a zisk $G_1 = 114 \text{ dB}$, druhý stupeň má $F_2 = 8,5 \text{ dB}$ a $G_2 = 8 \text{ dB}$. Výsledné šumové číslo bude $F = 4,4 \text{ dB}$. Druhý stupeň tedy přidal pouhých 0,4 dB šumu. Z dříve uvedeného vztahu a z obr. 82 je dále vidět, čím lze šum zesilovače zmenšovat: je to zisk prvního stupně (čím je větší, tím je šumový přínos druhého stupně menší). Na poslední stupeň obvykle používáme výkonnější tranzistor, popř. tranzistor s pracovním bodem zvoleným z hlediska intermodulace. Tím je zdůvodněno osazení jednotlivých stupňů tranzistory.

Jak jsou voleny pracovní body tranzistorů? První stupeň je v první řadě nastaven z hlediska šumu. V obr. 83 najdeme závislost šumového čísla F na kolektorovém proudu I_C

pro starší tranzistor BFY90 a novější BFR91 (firma Philips). Napětí na tranzistorech je konstantní, $U_{CE} = 5 \text{ V}$, jež se většinou doporučuje pro optimální šum. Často se však nedržíme přísné křivek v obr. 83, ale přihlédneme též k jiným hlediskům. Předně je známo, že linearita tranzistoru se zlepšuje

pu (pásmová propust na vstupu), nebo minimálnímu šumu (na vstupu jednoduchý obvod). Pásmová propust má totiž lepší selektivitu, ale poněkud horší přenos. Útlum se však nezvětší více než o $-0,5 \text{ dB}$ a tento přidavný útlum se přičítá k šumovému číslu. V každém případě se však snažíme, aby vstupní obvod byl co nejkvalitnější.

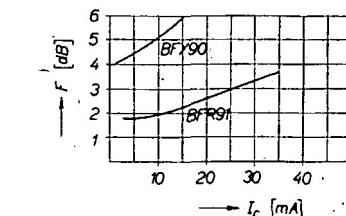
Vazební obvody mezi dalšími stupni jsou běžně jednoduché obvody. Obecně zajišťují dvě funkce: selektivitu a impedanční přizpůsobení mezi stupni. Druhý činitel bývá často opomíjen, je však velmi důležitý z hlediska zisku. Bez jeho důsledné optimalizace nelze dosáhnout patřičného zisku. Přenosovou charakteristikou lze nastavit pouze s patřičným přístrojovým vybavením.

Prakticky totéž platí i pro impedanční přizpůsobení vstupu a výstupu. Zvláště vstupní impedance je důležitá. Nepřizpůsobení zvětšuje ztrátu odrazem, přidavný útlum zhoršuje šumové číslo. Snažíme se, aby $\dot{\mathcal{C}}\dot{\mathcal{V}} \leq 2$, pak přidavné ztráty odrazem jsou $\leq 0,5 \text{ dB}$.

Optimální impedanční poměry jsou však určeny nejen nastavením vazebních impedancí mezi stupni, nýbrž i stabilitou zesilovače, tj. odolností vůči rozmítání. Rozmítání bývá způsobeno kladnou zpětnou vazbou, která může být dvojího druhu. Vnější, vytvářená vazbami mimo tranzistor, a vnitřní, vznikající v našem případě (SE) kapacitou C_{EB} . Vnější vazby vznikají nedokonalým oddělením vstupních a výstupních obvodů, nedokonalým v uzemněním emitoru apod. Jejich charakter může být kladný i záporný. Vnitřní vazba přes C_{EB} je převážně záporná. Stupeň SE je v zásadě stabilní. Záporná vazba zmenšuje zisk, zvětšuje stabilitu, kladná vazba působí opačně, příp. může způsobit rozmítání. Kladná zpětná vazba se před nasazením kmití projevuje vznikem záporného reálného odporu na vstupu a výstupu zesilovače. Ten pak kompenzuje kladné reálné složky, které se zmenšují, zhoršuje se impedanční přizpůsobení, zvětšuje se $\dot{\mathcal{C}}\dot{\mathcal{V}}$.

Při posuzování nestability se někdy rozehrávají dva stavty. Předně zesilovač může být bezpodmínečně stabilní (nerozmítit se, ani když od vstupu a výstupu jsou odpojeny zatěžovací reálné odpory – zesilovač naprázdno). Druhým stavem je stav podmíněné stability (záporné složky jsou kompenzovány kladnými složkami zatěžujících impedancí – bez nich se zesilovač rozmítá). Je samozřejmé, že zesilovač musí pracovat v režimu bezpodmínečné stability a navíc co možná bez záporných složek ve vstupu a výstupu, aby se nezhoršoval $\dot{\mathcal{C}}\dot{\mathcal{V}}$. V praxi lze stav bezpodmínečné stability kontrolovat velmi jednoduše: při vstupu a výstupu naprázdno, popř. nakrátko musí být odebírány proud shodný s proudem při vstupu a výstupu zařízením jmenovitou zátěží. Vznik parazitních oscilací je totiž obvykle doprovázen změnou kolektorového proudu.

Přejděme nyní k zesilovačům širokopásmovým, které hodláme v našem případě používat především. S problematikou se seznámíme opět na typickém zesilovači. Jde o dvoutranzistorový zesilovač firmy Philips (obr. 84), osazený poměrně moderními tranzistory BFR90 na vstupu, BFR91 jako koncovým. Alternativně lze použít buď $2 \times$ BFR90 nebo $2 \times$ BFR91 bez podstatné změny funkce. Oba stupně jsou v zapojení SE, doplněném vždy dvěma zápornými zpětnými vazbami. Sériová zpětná vazba je uskutečněna odporem v emitoru, v našem případě je to $R_E = 16 \Omega$, přičemž paralelní kondenzátor $C_E = 3,3 \text{ pF}$ vytváří kmitočtovou ko-



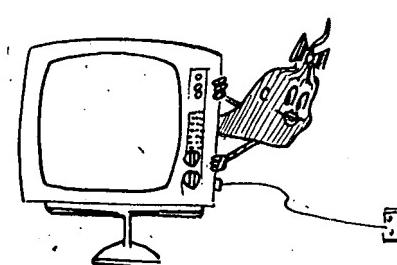
Obr. 83. Šum v závislosti na kolektorovém proudu

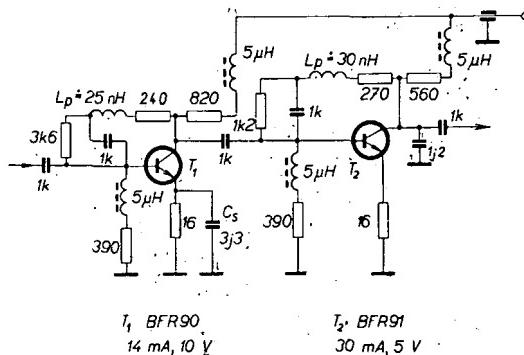
s proudem I_C . Pro BFY90 udává katalog optimum $U_{CE} \geq 6 \text{ V}$, $I_C = 14 \text{ mA}$, kdy pro odstup intermodulačních produktů $I_m = -50 \text{ dB}$ může být výstupní signál $U_o = 100 \text{ mV}$. Tranzistor BFR91 je o něco lepší – pro $U_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 30 \text{ mA}$ je $I_m \geq -60 \text{ dB}$ pro $U_o \leq 180 \text{ mV}$. Obojí údaj I_m je, méně „dvousignálové“. Tyto přesné údaje nemají pro naš účel velký význam, důležitý je však fakt, který z nich vyplývá: čím větší je kolektorový proud I_C , tím je linearita tranzistoru lepší. Přijíme-li signál, v jeho blízkosti je silný parazitní signál (třeba silný místní televizní vysílač), pak linearita hráje roli neméně důležitou než šum. Za této celkem běžných okolností se stanoví pracovní bod jako kompromis mezi „šumovým optimem“ a dobrou linearitou. Větší I_C a U_C má za následek i větší zisk. Tam, kde je tedy žádoucí linearita, volíme pro BFR91, popř. BFR90 ($U_{CE} = 7 \text{ V}$, $I_C = 7 \text{ mA}$, jde-li pouze o šum), pak je optimum $U_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 4 \text{ mA}$. Tyto údaje jsou převzaty z katalogu firmy Philips. Tranzistory stejněho typu však vyrábějí i jiné firmy a jejich údaje se mohou poněkud lišit. Odchylky jsou však v praxi většinou zanedbatelné.

Pracovní body ostatních stupňů volíme již z hlediska maximálního zisku, tj. na hranici maximální kolektorové ztráty. Běžně to bývá $U_{CE} = 7 \text{ V}$, $I_C = 15 \text{ až } 20 \text{ mA}$.

V zesilovači na obr. 81 je pracovní bod teplotně stabilizován dělicem v bázi a emitorovým odporem. Pro běžné účely je to u dnešních krémikových tranzistorů celkem zbytečné. Bázi stačí napájet pouze přes sériový odpór, nebo naopak je možno vynechat emitorový odpór a ponechat dělic v bázi. Je-li zesilovač dostatečně stabilní, menší teplotní změny pracovního bodu nevadí.

V obvodech v zesilovači jsou běžného typu. Na vstupu je jednoduchý laděný obvod, přizpůsobený odběrkami na indukčnosti, v kolektoru prvního stupně pásmová propust s indukční vazbou. Často se oba vazební obvody zaměňují, na vstup se dává pásmová propust, do kolektoru jednoduchý obvod. Záleží na tom, čemu dáváme přednost, zda potlačení nežádoucích signálů hned na vstu-





Obr. 84. Zesilovač 40 až 860 MHz (Philips)

rekci, jejíž úkolem je zmenšovat zpětnou vazbu směrem k vyšším kmitočtům a tak korigovat přirozený úbytek zisku tranzistoru. Druhá zpětná vazba je paralelní k kolektoru do báze a realizuje ji v prvním stupni odpor $R_{CB} = 240 \Omega$, v druhém stupni odpor $R_{CB} = 270 \Omega$. Kmitočtovou korekci vytvářejí dvě indukčnosti $L_p = 0,025$ a $0,03 \mu\text{H}$ (v sérii se zpětnovazebními odpory), které opět zmenšují zpětnou vazbu směrem k vyšším kmitočtům.

Proč se využívá dvou zpětných vazeb? Především je to z důvodu impedančních. Teprve jejich kombinací dosahujeme relativně stálé impedance potřebné velikosti. V literatuře se někdy pro volbu R_E a R_{CB} (Z_0 je žádaný vstupní a výstupní odpor) udává zjednodušený výraz:

$$R_E R_{CB} = Z_0^2$$

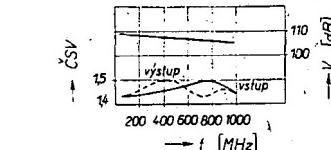
zde $Z_0 = 75 \Omega$.

Důležitým úkolem obou zpětných vazeb je samozřejmě vyrovnat přenosovou charakteristiku. Kvalitní domovní zesilovače mají v pásmu 50 až 300 MHz charakteristiku rovnou s přesností až $\pm 0,25$ dB. Vyrovnaní napomáhají výše zmíněné kmitočtové závislé reaktance. Je ovšem nutno upozornit, že rovná přenosová charakteristika je nejen výsledkem zpětných vazeb, nýbrž i celkového uspořádání. Je třeba vyvárovat se jakýchkoli parazitních reaktancí v cestě signálu, jednotlivé prvky radit bez zbytečných přívodů (R_E jsou pájeny přímo na čepičky).

Vraťme se však k celkovému zapojení. Zatěžovacími impedancemi jednotlivých stupňů jsou odpory (820Ω , 560Ω), doplněné tlumivkami na feritech. Vazba mezi stupni je kapacitní. Báze obou tranzistorů jsou napájeny z děliče, lze říci až zbytečně tvrdého, takže jeho část (na zem) bylo nutno doplnit opět tlumivkami, aby impedance děliče nezmenšovala vf signál. Paralelní kondenzátor s malou kapacitou na výstupu kompenzuje indukční složky výstupní impedance.

Pracovní body jednotlivých tranzistorů: BFR90 $U_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_C = 14 \text{ mA}$; BFR91 $U_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 30 \text{ mA}$. Je zřejmé, že zesilovač je nastaven především na maximální linearitu.

Vynikající elektrické vlastnosti zesilovače dokumentují grafy v obr. 85. Z nich je patrné, že pro kmitočtový rozsah 50 až 1000 MHz je zisk $G = 16 \text{ dB}$, impedanční přizpůsobení $\text{CSV} \leq 1,5 \text{ V}$ na vstupu i výstupu, výbuditelnost, tj. maximální výstupní napětí (U_o v dB nad μV) $U_o = 105$ až 107 dB pro odstup intermodulačních produktů



Obr. 85 Elektrické vlastnosti zesilovače z obr. 84

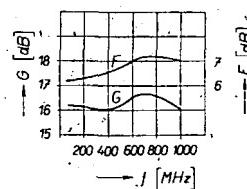
$I_m = -60 \text{ dB}$ (měřeno třisignálově) a konečně šumové číslo $F = 6,2$ až $7,2 \text{ dB}$.

Na první pohled se může jevit šum jako příliš velký pro použité tranzistory, vzhledem k úzkopásmovému zesilovači podle obr. 81 je s BFR91 $F = 4,5 \text{ dB}$. V širokopásmovém zesilovači jsou však dve okolnosti, které šumové poměry zhoršují. Jednak pracovní bod prvního tranzistoru není volen z hlediska šumu, I_c je třikrát větší, než je optimum (viz obr. 83), jednak v zapojení tranzistorů jsou použity zpětné vazby, které šum značně zhoršují. Lze prokázat, že jakékoli zmenšení zisku vede ke zhoršení šumových poměrů. Zpětné vazby pochopitelně zisk zmenšují, což způsobuje zvětšení šumového čísla. To je velmi důležitá okolnost, kterou je nutno brát v úvahu při návrhu zesilovače. Vždy je nutno zhodnotit, čemu dání přednost, zda linearita a přenosové charakteristice jako v zesilovači v obr. 84, nebo šum. V případě, že to bude šum, je nutno zmenšit proud prvního tranzistoru, dále pak v prvním stupni omítat zpětné vazby na minimum, tj. paralelní odpor (R_{CB}) volit co největší, sériový odpor (R_E) co nejménší, případně jednu nebo dvě vazby vypustit. Těž je možno likvidovat zpětnou vazbu v určité kmitočtové oblasti korektemi (L_p , C – obr. 84). Širokopásmové zesilovače používané jako anténní předzesilovače, popř. jako zesilovače s malým šumem jsou zapojeny většinou bez zpětných vazeb. Šumové číslo, kterého lze takto dosáhnout, je stejně jako u zesilovačů pro úzké pásmo, někdy dokonce i poněkud menší, protože odpadají ztráty ve vstupním laděním obvodu.

Stejně jako v zesilovači pro úzké pásmo je i zde důležitá stabilita. Část problematiky je shodná pro oba typy zesilovačů. Navíc je u širokopásmového typu otázka, jak se budou chovat vnější zpětnovazební obvody v širším kmitočtovém pásmu. Na nižších kmitočtech je situace jasná, zpětná vazba tak, jak je realizována v zesilovači v obr. 84, je záporná. Na vyšších kmitočtech se může stát, že obvod zpětné vazby pootočí fázi zpětnovazebního signálu natolik, že vazba začne měnit charakter, přechází ze záporné na kladnou. Stabilita se zhoršuje, což se projevuje nejprve zhoršením impedančního přizpůsobení a zvlněním přenosové charakteristiky a posléze rozmítnáním. Pro dokonalou funkci je samozřejmě nutné, aby zesilovač byl bezpodmínečně stabilní.

Hlediska pro nastavení pracovních bodů jednotlivých stupňů jsou shodná jako u pásmových zesilovačů, tj. bereme v úvahu šum a linearitu. Linearita je zde navíc ovlivněna dalším činitelem a tím je zpětná vazba, obzvláště v posledním stupni. Obecně platí názor, že záporná zpětná vazba linearizuje stupeň, v němž je použita. Je však nutno si uvědomit, že zároveň zmenšuje zisk a že je třeba větší signál na bázi tranzistoru (popř. kolektoru předchozího stupně) pro požadované výstupní napětí. Tato skutečnost je natolik důležitá, že se vybuditelnost zesilovače při extrémní záporné zpětné vazbě může zmenšovat.

Souhrnně lze tedy o zpětné vazbě v širokopásmovém zesilovači říci, že zlepšuje přeno-



souvou charakteristiku a impedanční přizpůsobení, zhoršuje však šum a ovlivňuje i vybuditelnost. Je tedy nutno volit její velikost kompromisně přihlednutím k specifickým hlediskům podle použití zesilovače. V amatérské praxi obvykle záleží spíše na šumu a linearitě, méně již na impedanci, malý význam má zvláštní přenosové charakteristiky. Souhrnně to znamená volit zpětnou vazbu minimální a využít ji především k dosažení rozumného impedančního přizpůsobení.

Díly rozvodné sítě

K rozvedení přijatých, sloučených a popř. zesílených signálů k jednotlivým místům, kde chceme umístit přijímače, potřebujeme především vf souosý kabel, odbočovací nebo rozbočovací členy a účastnické připojky.

Druhy vf souosých kabelů

O základní funkci a vlastnostech vedení jsme se již zmínili. Nyní uvedeme typy a vlastnosti u nás vyráběných kabelů, abychom si mohli učinit představu, do jaké míry ovlivní rozváděný TV signál.

Vlastnosti kabelů závisí především na jejich tloušťce (vnitřního vodiče, dielektrika a tedy celého kabelu), druhu dielektrika, druhu vnitřního vodiče, provedení stínícího vodiče a vnějšího ochranného pláště.

Na tloušťce kabelu je závislý jeho měrný útlum, se zvětšujícím se průměrem nad izolací se útlum kabelu zmenšuje. Na druhé straně se však zhoršuje jeho mechanické vlastnosti a roste cena.

Vnitřní vodič je buď plný (pro málo pohyblivé spoje) nebo jako lanko (pro pohyblivé spoje).

Jako dielektrikum se používá buď plná polyetylénová (PE) izolace nebo izolace z pěněného polyetylenu. Pokud se týká vlastnosti, má kabel z pěněného PE při stejné tloušťce menší útlum. Je však náročnější s ohledem na mechanické vlastnosti při instalaci.

Provedení stínícího pláště má vliv na elektrickou těsnost kabelu. Vnější vodič bývá nejčastěji z pletiva z měděných drátků. Ople-

Tab. 8. Vlastnosti kabelů naší výroby

| Typ | Vnitřní vodič [mm] | Izolace Ø [mm] | Vnější vodič (druh) | Vnější Ø kabelu [mm] | Měrný útlum [dB]/100 m při 200 MHz | Měrný útlum [dB]/100 m při 1 GHz | Nejmenší poloměr ohybu [mm] |
|----------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| VFKP 250 | 0,59 | 3,7 | pletivo 1x | 6,0 | 19 | 45 | 60 |
| | 251 | 7×0,21 | pletivo 1x | 6,0 | 21 | 50 | 60 |
| | 252 | 7×0,21 | pletivo 2x | 6,7 | 21 | 50 | 80 |
| | 300 | 0,89 | pletivo 1x | 8 | 14 | 30 | 60 |
| | 390 | 1,15 | 7,25 | 10,3 | 10 | 26 | 100 |
| | 391 | 7×0,4 | 7,25 | 10,3 | 12 | 30 | 100 |
| | 392 | 7×0,4 | 7,25 | 10,7 | 12 | 30 | 120 |
| | 720 | 2,7 | pletivo 1x | 22,0 | 5,4 | 15 | 220 |
| | 970 | 1,1 | 6,2 | rourka Cu | 9,8 | 8,7 | 40 |
| | 980 | 2,0 | 12,2 | rourka Cu | 16,4 | 5,1 | 70 |
| VFKV 610 | 0,8 | 3,7 | pletivo 1x | 6,0 | 16 | 38 | 60 |
| | 620 | 1,1 | 4,8 | pletivo 1x | 7,0 | 12 | 33 |
| | 630 | 1,23 | 5,6 | pletivo 1x | 8,0 | 10 | 27 |
| | 633*) | 1,23 | 5,6 | pletivo 1x | 9,4 | 10 | 27 |
| | 640 | 1,23 | 5,6 | pletivo 1x | 10,4 | 8,5 | 100 |
| | 920 | 1,4 | 6,5 | rourka Cu | 9,5 | 6,9 | 40 |
| | 930 | 2,75 | 12,2 | rourka Cu | 16,0 | 4,16 | 70 |

***) dvojitý ochranný pláští**

tení je buď jednoduché nebo dvojité. U některých nových typů je pod pletivem navinut ještě proužek měděné fólie, která tvorí souvislý obal. Některé nové typy mají svářovaný stínící plášť, který je potom dokonale těsný nejen elektricky, ale i mechanicky.

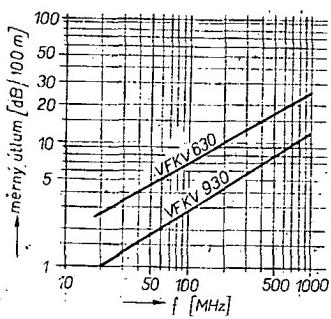
Vnější ochranný plášť je buď z měkkého polyvinylchloridu (PVC), nebo zesílený z PE a PVC.

Pro všechny tyto typy kabelů platí: kably s charakteristikou impedancí 75Ω jsou opatřeny vnějším ochranným pláštěm zelené barvy. Pouze kably se svářovaným vnějším vodičem mají pláště černý.

Zkracovací činitel u kabelu s plným PE = 0,66, s pěněným PE = 0,81.

Kabely s plným dielektrikem PE jsou označeny VFKP, s pěněným dielektrikem VFKV.

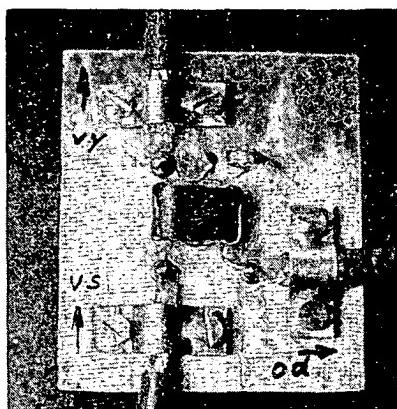
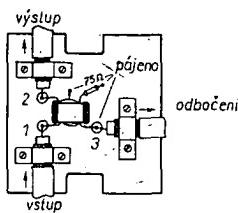
Označení a vlastnosti u nás vyráběných souosých kabelů jsou v tab. 8. Měrný útlum je uveden pro dva kmitočty. Pokud bychom potřebovali znát útlum i při jiných kmitočtech, můžeme graficky sestřít (pomoci útlumu při dvou kmitočtech) celou útlumovou charakteristiku příslušného kabelu. Závislost měrného útlumu kabelu na kmitočtu je totiž přibližně přímková za předpokladu, vynášme-li do grafu útlum i kmitočet v logaritmickém měřítku; příklad je na obr. 86.



Obr. 86. Závislosti měrného útlumu kabelu na
kmitočtu

Odbočovací člen

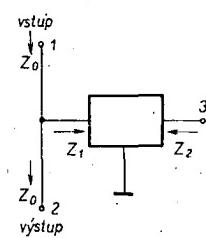
odbočovací člen. Ten musí vyhoďovat několi-



Obr. 88. Uspořádání součástí odbočovacího členu

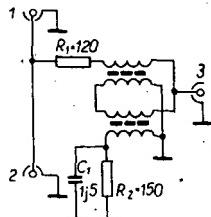
Ještě je třeba upozornit na to, že podobné odbočovací členy jsou ve výrobním programu TESLA pod názvem PAM 15, PAM 20 a PAM 25 s odbočovacím útlumem 15, 20 a 25 dB. Mají však parametry zaručený pouze v rozsahu 49 až 300 MHz.

Odbočení je však možno realizovat též jiným způsobem, bez směrového vazebního člena. Principiální zapojení takového odbocovače je na obr. 89. Abychom vyhověli podmínce, že odbocovací člen musí minimálně zatěžovat hlavní vedení, musí být impe-



Obr. 89.: Základní zapojení nesměrového
odbočovače

dance $Z_1 \gg Z_0$. Přitom musí být impedance $Z_2 = Z_0 = 75 \Omega$. Nejjednodušším řešením je použít odporový dělící. Tento způsob je však vhodný pouze pro odbocovací útlum 20 dB a více. Při požadavku menšího odbocovacího útlumu musíme použít transformátor, který přetrasformuje impedanci Z_2 (75Ω) na několikrát větší impedanci Z_1 . Vzhledem k tomu, že odbocovací musí mít zaručené vlastnosti v celém kmitočtovém rozsahu od I. až do V. TV pásmu, musí být transformátor realizován jako linkový. Takový transformátor jsme již popsali ve statí o symetrických členech; transformuje impedance 75Ω na 300Ω . Připojíme-li tuto impedanci paralelně k vedení 75Ω , bude výsledná impedance asi 60Ω . To představuje neprizpůsobení ČSV = 1,25. Pro odbocovací je to zcela vyhovující ČSV.



Obr. 90. Zapojení odbočovacího členu s impedančním transformátorem

Zapojení odbočovacího členu s impedančním transformátorem je na obr. 90. Odpor R_1 a R_2 jsou použity proto, aby byl impedanční transformátor ze strany vstupu přizpůsoben, tj. zatížen impedancí 300Ω . Je vhodné volit $R_1 = 120 \Omega$ a $R_2 = 150 \Omega$. Kondenzátor C_1 má za úkol zlepšit průběh útlumové charakteristiky v horní části kmitočtového pásma. Impedance kondenzátoru se zvětšujícím se kmitočtem klesá a tím vyrovnává odbočovací útlum, který by se jinak s ohledem na zvětšující se ztráty zvětšoval. Kondenzátor C_1 však nesmí mít příliš velkou kapacitu (1,5 až 3 pF). Při větší kapacitě by se zvětšovalo nepřizpůsobení odbočovacího výstupu.

Zvolíme-li odpory R_1 a R_2 a kondenzátor C_1 tak, jak je uvedeno v obr. 90, bude odbočovací útlum, tj. útlum mezi výstupy 1 a 3 asi 11 dB a průchozí útlum, tj. útlum mezi výstupy 1 a 2 menší než 1 dB. Údaje platí v kmitočtovém rozsahu I. až V. TV pásmu. Přizpůsobení průchozího vedení je správné do $\text{CSV} = 1,3$ a odbočovacího výstupu do $\text{CSV} = 1,5$, opět v rozsahu I. až V. TV pásmu. Platí to ovšem za předpokladu, že zbývající dva výstupy jsou zatíženy impedancí 75Ω .

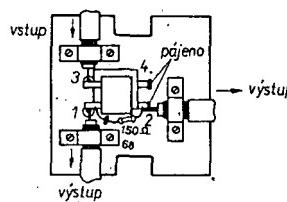
Smíříme-li se s horším přizpůsobením odbočovacího výstupu, což je při malé délce odbočovacího vedení, tj. při krátkém přívodu k televizoru možné, může být $R_1 = 0$. V tom případě se změní odbočovací útlum asi na 9 dB a zhorší se přizpůsobení odbočovacího výstupu asi na $\text{CSV} = 2$.

Vzhledem k tomu, že tento člen nemá směrové účinky (oddělení v dopředném i zpětném směru je stejné), nehodí se dobré pro námi předpokládané použití. Uvedli jsme ho však proto, že se hodí pro jiná provedení rozvodů a nalézá se ve výrobním programu TESLA pod označením PAC 11 (s odbočovacím útlumem 12 dB) a PAC 15 (s odbočovacím útlumem 15 dB v rozsahu od vysílání rozhlasu AM až po IV. a V. TV pásmo).

Rozbočovací člen

Tento člen musí být schopen rozbočit s minimálním útlumem všechny rozváděné TV signály. Navíc s ohledem na způsob řešení rozvodu je opět žádoucí, aby měl směrové vlastnosti. Těmto vlastnostem odpovídá hybridní člen, jehož funkce, vlastnosti a způsob konstrukce byly již popsány (obr. 64 až 69).

Mechanicky lze rozbočovací člen s ohledem na jeho funkci jako instalaci prvku upěvnit na stejně základní desce, která je použita pro odbočovací člen (obr. 87). Uspořádání součástí a vývodu rozbočovacího člena na této desce je na obr. 91.



Obr. 91. Uspořádání součástí rozbočovacího členu

Účastnická přípojka

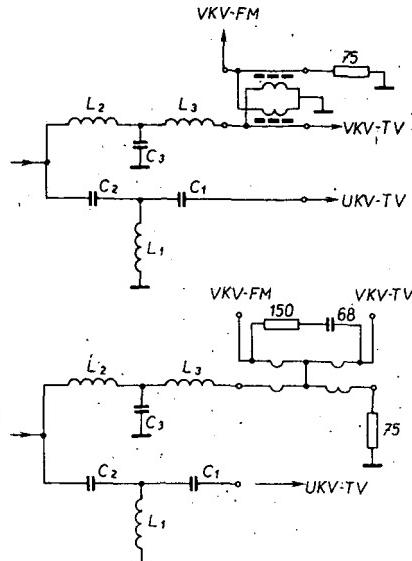
Provedení těchto přípojek bude záviset na uspořádání vstupů TV přijímače. V současné době jsou totiž u nás v provozu TV přijímače s trojím provedením vstupů, jednak s odděleným vstupem v rozsahu VKV (VHF, I. až III. TV pásmo) a UKV (UHF, IV. a V. TV pásmo) a to buď v provedení symetrickém (300Ω) u starších přijímačů, nebo nesymetrickém 75Ω u nových přijímačů. Navíc se však objevují i přijímače, které mají pouze jeden nesouměrný vstup 75Ω pro všechna pásmá. V tomto případě bude přípojka nejjednodušší, protože stačí kabel od odbočovače nebo rozbočovače přivésti přímo na vstup takového přijímače. Máme-li však TV přijímač s oddělenými vstupy VKV a UKV, musíme se v účastnické přípojce postarat o oddělení těchto pásem. Navíc bude někdy vhodné postarat se i o možnost připojení přijímače VKV - FM.

Podíváme-li se na obr. 2, kde je uvedeno kmitočtové rozdělení pásem, vidíme, že pásmo FM rozhlasu leží uprostřed televizního pásmá VKV, přičemž kmitočtově bezprostředně sousedí s II. TV pásmem. Naopak mezi televizními pásmeny VKV a UKV je poměrně velká mezeira.

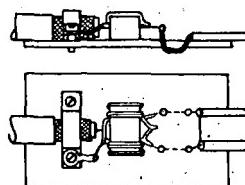
Podle toho, co jsme již uvedli, bude vhodné oddělit TV pásmo VKV od pásmá UKV kmitočtovou výhybkou. Naopak rozsah VKV FM lze od I. a II. TV pásma oddělit směrovým vazebním členem, ať již odbočovačem nebo rozbočovačem.

Pro kompletní účastnickou přípojku bude proto třeba použít kmitočtovou výhybku podle obr. 76, případně kombinovanou na výstupu pro VKV transformátorovým směrovým vazebním členem podle obr. 61 a 62 nebo hybridevním členem podle obr. 68 a 69. Schéma zapojení takové kompletní účastnické přípojky je na obr. 92a, b. Následkem toho i konstrukční provedení účastnické přípojky a rozložení součástek může být totožné s provedením jednoduchého sloučovače podle obr. 100, s tím rozdílem, že výstupy a výstupy budou zaměněny a odpadnou útlumovou členy.

Pokud zařadíme na výstup VKV ještě rozbočovací člen, zvětší se průchozí útlum jak pro televizi UKV, tak FM rozhlas ještě o 3,5 dB, tj. asi na 4 dB. Použijeme-li jako přidavný člen pro odbočení výstupu pro rozhlas FM směrový odbočovač 11 dB, zvětší se útlum pro výstup I. a III. pásmá TV pouze o 0,7 dB, tj. asi na 1,2 dB. Naproti tomu



Obr. 92. Schéma účastnické přípojky s možností připojit jak TVP, tak přijímač VKV-FM s odbočovacím členem (a), a rozbočovacím členem (b)



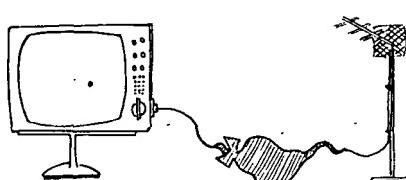
Obr. 93. Účastnická přípojna šňůra se symetrickým členem

průchozí útlum pro rozhlas FM se zvětší asi o 11,5 dB, takže výsledný útlum této cesty bude asi 12 dB. S tímto je nutno při kalkulaci rozvodu počítat.

Toto řešení zajišťuje vzájemné oddělení přijímačových vstupů. Druhou otázkou však je nepřizpůsobení, které vzniká např. mimo kanál, na který je přijímač nalaďen. Pokud bude přicházet vedením signál, v oblasti jehož kmitočtu nebude příslušný vstup přizpůsoben, vznikne odraz. Jsou-li v rozvodu použity instalaci prvky se směrovými účinky, nemůže tento vracející se signál ovlivňovat příjem ostatních účastníků. Tuto možnost má pouze signál, který přichází ve směru hlavního signálu. Odražený signál se musí proto znova odrazit kupř. od nesprávně přizpůsobeného sloučovačového členu. Tato skutečnost podstatně omezuje možnost vzniku nežádoucích odrazů a tím duchů na obrazovce.

V praxi však je možno počítat i s jednoduššími variantami. Kupříkladu nemáme-li v úmyslu napájet ze stejného místa jak rozhlasový, tak televizní přijímač, můžeme vyněchat odbočovací nebo rozbočovací člen zapojený na straně VKV výstupu z výhybky. Takovou účastnickou přípojkou potom můžeme použít k napájení samotného TV přijímače. Výstup pro VKV však můžeme také použít pro napájení rozhlasového přijímače FM. Útlum takové účastnické přípojky bude dán pouze vlastnostmi samotné kmitočtové výhybky.

Výstupy z účastnické přípojky naznačené na obr. 100 jsou nesouměrné, to znamená, že musí být provedeny souosým kabelem. Ty



však můžeme připojit přímo k TV přijímači pouze tehy, je-li konstruován s nesouměrnými vstupy. Pokud tomu tak není, je nutno postarat se o symetriaci, a to nejlépe na konci sousošího přívodního kabelu.

S ohledem na nutnost širokopásmového přenosu bude vhodné použít symetrikační člen realizovaný vedením $\lambda/4$ ve formě linkového transformátoru podle obr. 51. Přitom můžeme použít buď pro oba vstupy provedení na dvojdírovném feritovém jádru délky 8 mm, nahradit pro pásmo UKV ferit organickým sklem (délky 6 mm), což je výhodnější.

Symetrické zakončení účastnické přípojky je na obr. 93. Jako nosná destička se hodí např. pertinax. Jak vidíme z měření (obr. 52), je útlum těchto symetrikačních členů asi 0,3 dB a to pro rozsah VKV, použijeme-li kostříčku z organického skla i pro rozsah UKV.

Přehled používaných typů zařízení pro příjem a rozvod signálů TV a R

Chceme-li rozvádět TV a R signál kabelem většímu počtu účastníků, musíme se vždy postarat o sloučení všech požadovaných signálů do jednoho vedení a napájet vedení tak velkým signálem, aby i poslední účastník měl vyhovující podmínky příjmu (definované normou). Budeme proto vycházet z předpokladu, že signály přijaté anténním systémem musíme zesílit na potřebnou úroveň.

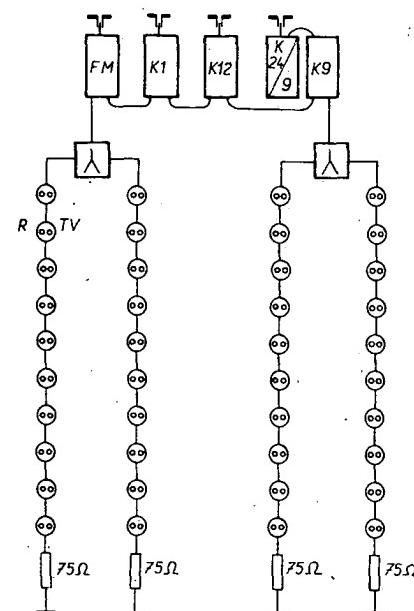
Nejčastěji používaný způsob používá soustavu kanálových zesilovačů: každý přijímaný TV signál je zesílován zvláštním zesilovačem a podobně i pásmo rozhlasu AM-FM. Tento způsob má několik přednosti: při tomto selektivním zesílení jsou ostatní nezádoucí signály potlačeny a nemohou proto působit křížovou modulaci, tj. přenáset modulaci silného nezádoucího signálu na požadovaný. S tím jsou též spojeny menší nároky na dodržení stejné úrovni rozváděných signálů. Výjimku zde představuje rozhlas VKV-FM (ale i AM), neboť použitý zesilovač pracuje vlastně jako pásmový zesilovač, protože zesiluje všechny signály v celém rozsahu. Budou pro něj proto platit podobná omezení, jako při použití širokopásmových zesilovačů, o nichž bude řeč později.

Kanálové zesilovače umožňují dálé poměrně jednoduše sloučit výstupy všech zesilovačů do společného vedení. Jejich výstupy jsou proto řešeny jako rezonanční obvody s navázáním sériovým rezonančním obvodem. Jejich impedance je v oblasti přenášeného pásmá rovna charakteristické impedance vedení, tj. 75 Ω ; mimo provozní pásmo je velmi velká. Výstupy zesilovačů je možno sloučit připojením na průchozí sběrné vedení, které potom vlastně tvoří kmitočtovou výhybkou. Taková řada zesilovačů má potom dva výstupy o charakteristické impedance 75 Ω , kterými můžeme napájet dvě větve rozvodu. Selektivita výstupních rezonančních obvodů zesilovačů je přitom taková, že umožňuje sloučit signály ob jeden TV kanál.

U tohoto způsobu je též vhodné nerovnádět přímo signály IV. a V. TV pásmá, kdy útlum vedení a ostatních dílů rozvodu větší, než je mnohem kmitočtu nejprve do oblasti I. až III. TV pásm a teprve potom zesílit na požadovanou úroveň.

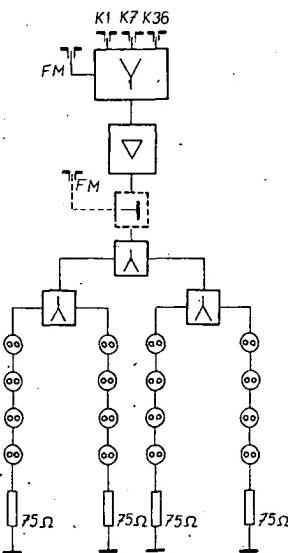
Další předností je, že relativně úzkopásmové zesilovače je možno realizovat s tranzistory, které umožňují získat větší výstupní výkon; jsou tedy vhodné pro rozvody s velkým počtem účastníků.

I u kanálových zesilovačů však musí být dodržena zásada, že nesmí být překročena výrobcem povolená maximální výstupní úroveň. V opačném případě totiž vzniknou následkem nelineárního zkreslení přebuzeného zesilovače nezádoucí produkty, vzniklé intermodulací mezi nosnými obrazem a zvukem, případně barevné pruhu přes obrazovku. Nedostatkem selektivních zesilovačů je hlavně to, že jejich amatérská realizace je velmi obtížná, protože nařadil bez přístrojů je prakticky nemožné. Navíc je systém nákladný, protože pro zesílení každého programu potřebujeme jeden zesilovač, což je únosné pouze tehy, umožníme-li tím příjem velkému počtu účastníků. Tímto způsobem jsou řešeny profesionálně vyráběné a montované rozvody, osazené zesilovači a měniči řady Tesa-S (viz obr. 94).



Obr. 94. Příklad rozvodu napájeného kanálovými zesilovači, jejichž signály jsou sloučeny na sběrném vedení

druhé straně z hlediska amatérského zhotovení a ceny je použití širokopásmového zesilovače výhodné, neboť jedním zesilovačem můžeme zesílit všechny potřebné signály. Přitom v praxi stačí pečlivě osadit ověřenou desku s plošnými spoji a po kontrole pracovního režimu tranzistorů by měl zesilovač předepsané parametry. Z těchto důvodů je tento způsob určen pro menší rozvody. Zesilovač je však vždy náhodný ke vzniku rušivých jevů následkem přebuzení. Intenzita elektromagnetického pole se totiž v průběhu roku mění a navíc přesně nastavit úroveň je bez vybavení potřebnými měřicími přístroji obtížné. Zesílení signálů VKV-FM širokopásmovým zesilovačem může v některých případech v přítomnosti silného místního vysílače následkem nelineárních produktů znepříjemnit příjem v celém pásmu FM. Utlumit celé pásmo aperiodickým útlumovým členem není vhodné, neboť se zhorší šumové poměry v slabších vysílačů. Do jisté míry může pomoci laděná zádrž (odlaďovač), ovšem s ohledem na požadavek malé šířky pásmá je její konstrukce obtížná. Možný způsob řešení je uveden v provedení fy Philips. Podobně je možno přiřadit FM rozhlas do rozvodu čistě pasivně, za širokopásmovým zesilovačem, směrovým vazebním členem (obr. 95 přerušované). S ohledem na vysokou citlivost FM přijímačů je i toto řešení možné. Přes možnost vzniku všech nezádoucích jevů se širokopásmové zesilovače pro malé rozvody používají často, neboť při bezpečném odstupu od maximálního signálu se dá nebezpečí vzniku parazitních signálů omezit.



Obr. 95. Příklad rozvodu se širokopásmovým zesilovačem

Konstrukce dokonalých ultralineárních tranzistorů s vysokým mezním kmitočtem umožnila konstruovat širokopásmové zesilovače, které je možno použít k zesílení všech sloučených signálů v jednom zesilovači. Musí však být splněny dva předpoklady: na vstup širokopásmového zesilovače smí být přivedeny pouze žádané signály. To znamená, že zesilovač musí být předřazen obvody, které tyto signály propustí, ale zadříží nezádoucí; aby bylo možno plně využít schopnosti zesilovače, musí mít všechny zesílované signály stejnou úroveň. Bude-li některý signál silnější, nevyužijeme piné zesilovači schopnosti zesilovače, neboť platí, jak jsme uvedli, že výstupní napětí žádaného ze zesilovaných signálů nesmí překročit povolenou úroveň. Přitom signály rozhlasu VKV-FM by měly mít podstatně menší úroveň, než zesílované TV signály.

Z toho co bylo uvedeno vidíme, že širokopásmovému zesilovači musí být předřazen slučovací člen s vlastnostmi, které byly již definovány. Podle provedení celé vstupní části můžeme usuzovat na přednosti a nedostaty tohoto způsobu řešení. Přítomnost výhybky na vstupu znamená přídavný útlum a tedy zhoršení šumových podmínek. Na

ještě je třeba upozornit na třetí způsob řešení a sloučení přijatých signálů, který vyplýval ze snahy obejmít se bez širokopásmového zesilovače, umístěného za slučovačem a je vhodný pro malý počet účastníků. Princip takového typu rozvodu vidíme na obr. 96.

Jedná se o jiný způsob použití kanálových zesilovačů; jednotlivé signály jsou sloučeny slučovacím členem, stejným jako v předchozím případě. Za těchto okolností můžeme použít jakýkoli typ zesilovače s výstupní impedance 75 Ω . Navíc je však možno v místě dosti velké intenzity pole příslušný zesilovač

Tab. 9. Kanálové předzesilovače TESLA (umisťují se k anténě, napájejí po svodu)

| Typ zesilovače | Kmit. rozsah (kanál, pásmo) | Napájecí napětí [V] | Odběr proudu [mA] | Zisk [dB] | Šum. číslo [dB] |
|----------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-----------------|
| TAPT 03-4926A | K1 až K8 | 9 | 3 | 14 | 6 |
| | K9, K10 | 9 | 3 | 13 | 6 |
| | K11, K12 | 9 | 3 | 11 | 6 |
| | VKV-FM I | 9 | 3 | 14 | 6 |
| | VKV-FM II | 9 | 3 | 14 | 6 |

| Typ základního zesilovače | Kmit. rozsah (kanál, pásmo) | Napájecí napětí [V] | Odběr proudu [mA] | Zisk [dB] | Š. číslo [dB] | Max. výst. úroveň [dBμV] |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-----------|---------------|--------------------------|
| TAPT 03-4928A | IV., V. | 9 | 6 | 15 | 12 | - |
| | ZKD 11 I. | 24 | 9 | 22 | 6 | 95 |
| | ZKD 21 II. | 24 | 9 | 22 | 6 | 100 |
| | ZKD 70 VKV-FM | 24 | 9 | 22 | 6 | 90 |
| | ZKD 31 III. | 24 | 9 | 22 | 6 | 108 |
| | ZKD 41 IV. | 24 | 18 | 22 | 6,5 | 90 |
| | ZKD 51 V. | 24 | 18 | 22 | 6,5 | 90 |

vyněchat a připojit na vstup slučovacího člena přívod od antény, což je ekonomicky výhodné na rozdíl od případu se širokopásmovým zesilovačem, kdy musíme silný signál nejprve zmírnit na úrovni ostatních a potom teprve zesílit. Jako zesilovače je možno užít buď „kanálové antenní předzesilovače“ typu TAPT nebo „kanálové předzesilovače“ pro zesilovači soupravu Tesa-S. Vlastnosti těchto zesilovačů jsou v tab. 9. Vidíme, že zesilovač TAPT nemají zaručenou výstupní úroveň, proto se hodí skutečně pouze pro nejmenší rozvody. Naproti tomu kanálové předzesilovače pro soupravu Tesa-S jsou již osazeny moderními tranzistory, takže mohou být využity až na úrovni asi 100 dBμV.

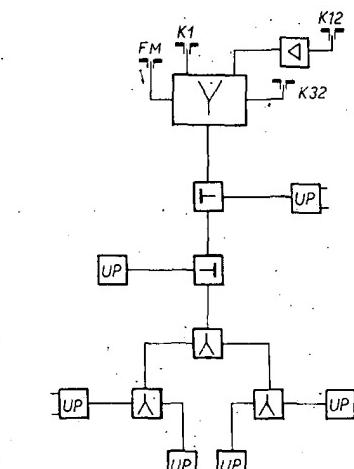
Dosud jsme se zajímali pouze o způsob zesílení a sloučení jednotlivých TV a R signálů. Je přirozené, že použitý způsob a hlavně výstupní úroveň signálů ovlivní provedení rozvodu. Na obr. 94 až 96 jsou též předpokládané způsoby provedení rozvodné sítě. Vidíme, že je zásadní rozdíl mezi provedením, kdy máme k dispozici dostatečně velkou úroveň signálu a případem, kdy tomu tak není. Hlavní rozdíl spočívá v použití typu a zapojení účastnických zásuvek. Vidíme, že domovní rozvody, které pracují s velkou úrovni signálů, jsou osazeny účastnickými zásuvkami, které se rádi do sérije na stoupací vedení. To znamená, že činnosti odpovídají odbočovacím členům se směrovými účinky. Prakticky jsou u nás na trhu dva typy těchto zásuvek. Starší typ, označený TAUZ 04, a novější s konektory o rozdílu podle doporučení IEC, typové označení PZK 01. Vlastnosti těchto zásuvek jsou v tab. 10.

Tab. 10. Vlastnosti vyráběných účastnických zásuvek

| Typ | Útlum [dB] | Kmitočtové pásmo | | | | |
|---------|----------------|------------------|--------|-------|------|--|
| | | TV I, VKV-FM | TV III | TV IV | TV V | |
| TAUZ 04 | A ₀ | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | A _v | 20 | 12 | 5 | 5 | |
| PZK 01 | A ₀ | 1,35 | 1,5 | 1,67 | 1,67 | |
| | A _v | 13,5 | 13,5 | 12,5 | 12,5 | |

Prakticky jich lze montovat na jedno stoupací vedení asi 10 až 12. Více se nedoporučuje s ohledem na rozdíl úrovně signálů mezi prvním a posledním účastníkem a též proto, že mohou vznikat rušivé jevy nepřizpůsobením, které vzniká přerušením vedení a připojením.

Při zapojení deseti zásuvek typu PZK 01 na stoupací vedení bude jeho útlum $9 \times 1,5 \text{ dB} + 13,5 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 31 \text{ dB}$, až k výstupním svorkám poslední účastnické zásuvky. Přitom předpokládáme, že na stoupacím vedení spotřebujeme 30 m kabelu



Obr. 96. Příklad rozvodu buď pouze s pasivními členy, nebo navíc s kanálovými zesilovači slabších signálů

VFKV 630, jehož útlum bude při kmitočtu 270 MHz (tj. horním konci III. TV pásmu) asi 4 dB. Podle normy ČSN 342830 je povolen minimální úroveň u posledního účastníka asi 60 dBμV. Podle toho bude třeba, aby na počátku každého stoupacího vedení (s deseti zásuvkami) byla úroveň TV signálů nejméně 91 dBμV. Vzhledem k tomu, že souprava kanálových zesilovačů Tesa-S může zabezpečit úroveň signálů až 124 dBμV a to na 2 výstupech, přičemž útlum jednoho rozbočovacího člena, které byly již dříve popsány a které se používají pro rozbočení vedení k jednotlivým stoupacím vedením je asi 4 dB, vidíme, že tímto způsobem je možno zásobovat signálem poměrně velký počet účastníků, i když zachováme rezervu na kolísání úrovně signálů.

Totéž ovšem neplatí, použijeme-li širokopásmový zesilovač, protože jeho maximální výstupní úroveň bývá asi 100 dBμV. Jak však bylo řečeno dříve, není radno využívat horní hranice výstupní úrovně. U menších rozvodů bude proto lépe volit menší počet účastnických zásuvek v kaskádě. Pro případ uvedený na obr. 95 budou ztráty na stoupacím vedení včetně vazebního útlumu zásuvky asi 18 dBμV, takže pro požadavek čtyř stoupacích vedení a 60 dBμV u posledního účastníka bude nutná úroveň na výstupu širokopásmového zesilovače asi 86 dBμV, nebo 90 dBμV podle způsobu navázání FM. S ohledem na bezpečný odstup přebuzení je to úroveň, kterou lze u tohoto typu zesilovače ještě připustit.

U obou uvedených typů rozvodů se používají stejné účastnické zásuvky (starší TAUZ 04, novější PZK 01).

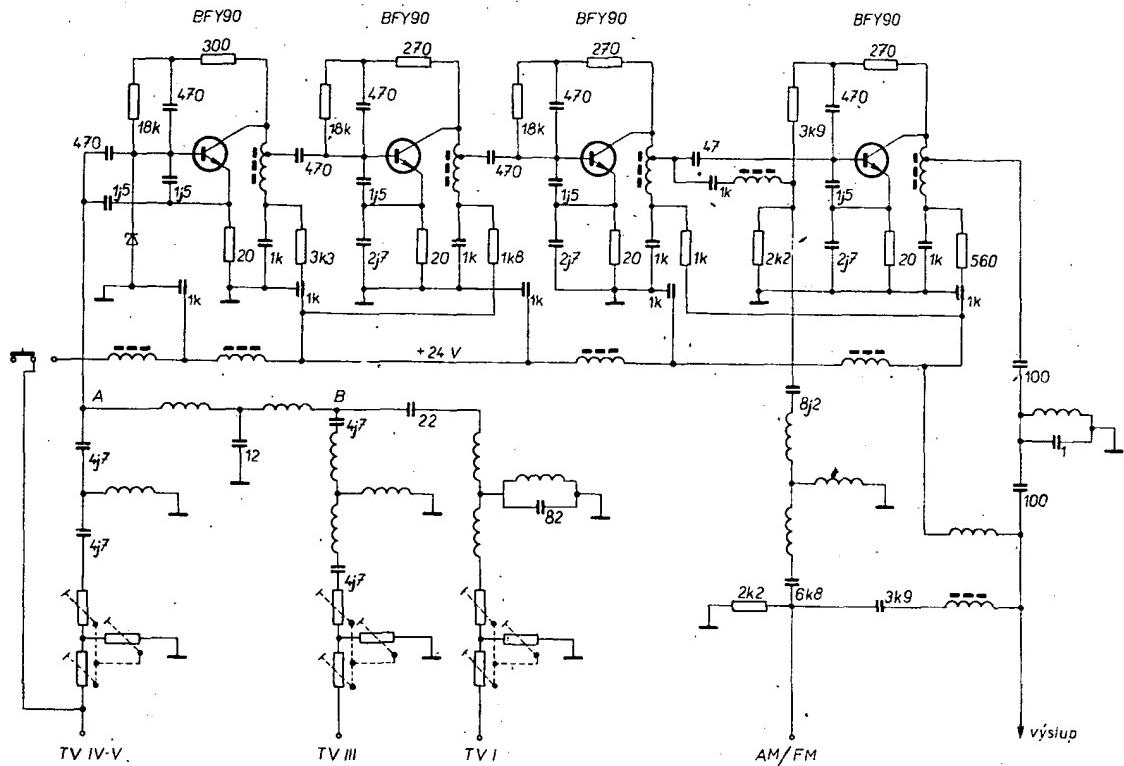
Účastník se k rozvodu připojuje účastnickou připojnou šňůrou se souosým konektorem. Každý z uvedených typů zásuvek musí

mít jiný typ účastnické šňůry. Účastnická šňůra je zakončena kmitočtovou výhybkou, která odděluje vstup televizoru VKV od UKV a je zakončena symetrickými členy pro tyto dva výstupy.

V posledním případě, kdy počítáme v převážné míře s dostí velkým signálem z antény, který by umožnil napájet omezený počet účastníků, nebo kdy použijeme kanálové zesilovače s malým výkonem, není vhodné realizovat rozvod tak, jako v předešlých případech průchozím vedením. Je to dáné většinou i charakterem stavby, ale též malou rezervou úrovně a tím požadavkem, aby útlum rozvodu k jednotlivým účastníkům byl nejen minimální, ale též přiblíženě stejný. Příklad řešení takového rozvodu je na obr. 96. Je určen pro šest účastníků. Z toho dvě účastnické přípojky jsou napájeny odbočovacími členy a čtyři pomocí rozbočovačů. Zvolíme-li odbočovací útlum prvního člena 12,5 dB, bude výsledný útlum k prvnímu přijímači včetně útlumu kmitočtové výhybky pro oddělení vstupu VKV od UKV asi 13,5 dB. S ohledem na průchozí útlum prvního odbočovače je vhodné použít druhý s odbočovacím útlumem 11,5 dB tak, aby výsledný útlum byl stejný jako u prvního účastníka. Pro ostatní účastnické přípojky budou stát v cestě signálu stejně útlumy a to asi 1,5 až 2 dB průchozí útlum odbočovacích členů a $2 \times 4 \text{ dB}$ způsobené rozbočovači. K tomu musíme přičíst 1 dB útlumu výhybky v účastnické přípojce a útlum kabelu, který v tomto případě již nemůžeme zanedbat – též asi 2 dB. Vidíme, že výsledný útlum od výstupu slučovacího člena k jednotlivým přijímačům bude ve všech případech stejný, asi 13 dB. O velikosti nutné úrovně, popř. nutnosti použít anténní zesilovač rozhodne ještě velikost útlumu ve slučovacím členu, která opět závisí na počtu přijímaných programů a tedy na jeho složitosti. K tomuto tématu se ještě vrátíme při příkladech kalkulace rozvodné sítě.

Typickým představitelem vstupní jednotky se širokopásmovým zesilovačem je zařízení fy Philips-Starlet. Jeho schéma je na obr. 97. Slučovací jednotka je řešena jako soubor filtrů – výhybek. Na každém vstupu je zařazen proměnný útlumový člen. Je to odporový článek T, tvořená třemi spráženými proměnnými odpory, jejichž průběh je volen tak, aby charakteristický odpor zůstával konstantní ($Z_0 = 75 \Omega$). Rozsah útlumu je 0 až 20 dB. Těmito článci je možno nastavit vstupní úroveň tak, aby nedocházelo k intermodulaci a křížové modulaci, tedy na nejnižší, vyhovující úroveň z hlediska sumu.

Za útlumovými členy následují kmitočtové výhybky. Vstup UKV (TV IV.–V. pásmo) je tvoren horní propustí. V bodě A je k němu připojena dolní propust, kterou přichází signál VKV I. až III. pásmo. Signály jsou vzájemně odděleny pásmovými propustmi. K dolní propusti jsou oba tyto filtry připojeny v bodě B. Vstup pro FM rozhlas je zvláště až do báze posledního stupně zesilovače. Taťto úprava vyplývá z požadavku na relativně



Obr. 97. Vstupní širokopásmová zesilovací a slučovací jednotka (Philips-Starlet)

nižší úroveň FM signálů v domovním rozvodě.

Všechny použité filtry jsou poměrně jednoduché, horní a dolní propusti jsou běžné filtry k, které byly již popsány. Totéž platí o pásmových propustech. Vše je provedeno nenáročnou technikou, samonosné cívky jsou z lakovaného drátu a jsou zapojeny do běžné desky s plošnými spoji. Mezi jednotlivými sekciemi nejsou stínici přepážky.

Vlastní zesilovač je čtyřstupňový, osazený dnes již zastaralými tranzistory 2krát BFY90 a 2krát BFW30. Jednotlivé stupně mají jako obvykle dvě negativní zpětné vazby: paralelní (kolektör-báze) před odporem 270, popř. 300 Ω; sériovou (v emitoru), vznikající na odporu 20 Ω. Kmitočtové korekce jsou realizovány u paralelní vazby prodlouženou délkou přívodů zpětnovazebního odporu, u sériové vazby malými kondenzátory v obvodu emitorového odporu. Elektrické vlastnosti jsou v tab. 11.

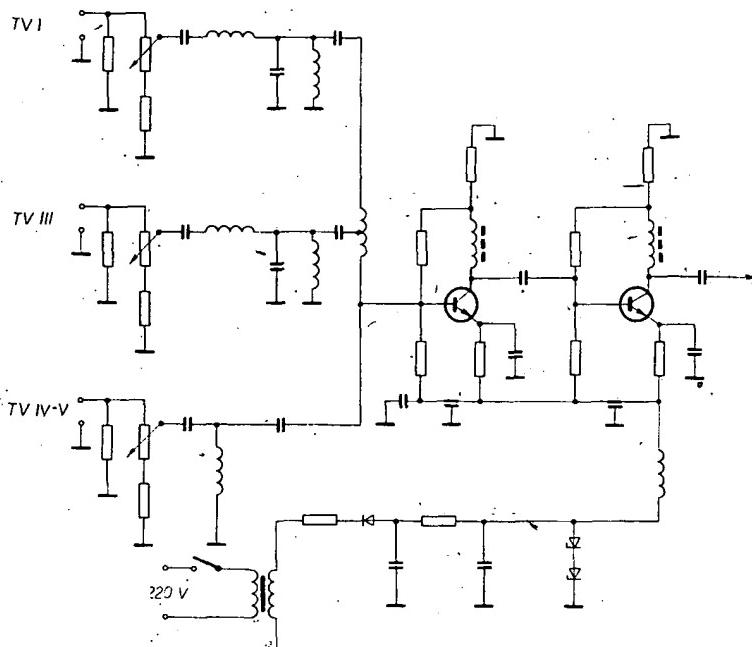
Tab. 11. Elektrické vlastnosti zesilovací jednotky Philips-Starlet

| Pásma | Zisk [dB] | Šumové číslo [dB] | CSV | Max. výstupní napětí |
|---------|-----------|-------------------|-----|-------------------------------------|
| TV I | 25 | 7,2 | 3 | |
| TV III | 25 | 7,8 | 2 | |
| TV IV | 15 | 10 | 2 | |
| TV V | 0 až 15 | 11 | 2,5 | asi 100 mV pro IM 60 dB (dvousign.) |
| FM-CCIR | 5 | - | 3 | |

V NDR je v prodeji malý rozvod RFT AVF1-3109. Má 3 vstupy UKV a 3 VKV. Zesilovač je řešen tak, že TV signály III. až V. pásmu jsou zesilovány nejprve selektivně v jednocestných zesilovačích a po sloučení ještě v širokopásmovém třistupňovém zesilovači. Kanály TV I. pásmu a FM rozhlasu jsou

zesilovány pouze širokopásmově přes poslední dva stupně. Vzhledem k tomu, že je zesilován též výsledný sloučený signál, vyskytuje se problém s intermodulací a křížovou modulací ve stejné míře jako u popsané soupravy Philips-Starlet. Je tedy bezpodmínečně nutno nepřekračovat povolené výstupní napětí, což je asi 100 mV ve VKV pásmech a o 3 dB méně na UKV. Raději se však spokojíme s výstupním napětím podstatně menším. Zisk je asi 20 dB a šumové číslo $F = 8$ až 11 dB.

V ČSSR se vyrábí a je v prodeji zesilovač pro malý rozvod obdobného typu jako Philips-Starlet. Jde o výrobek Elektroservisu Č. Budějovice s typovým označením AZS 02. Schéma je na obr. 98. Slučovací výhodka má tři vstupy: TV I., TV III., TV IV-V, opatřené proměnnými útlamy obdobně jako Philips-Starlet. Rozdíl je v tom, že tyto atenuátory nemají konstantní charakteristikou impedanci, což však v běžném provozu nemusí vadit. Je však třeba brát v úvahu skutečnost, že takto zapojený proměnný



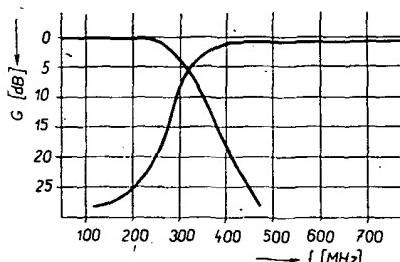
Obr. 98. Zesilovací jednotka AZS02 Elektroservis

útlum nelze úplně vyřadit. Vlastní zesilovač je dvojstupňový, získá asi 20 dB na VKV, 10 dB na UVK. Šumové číslo $F = 6$ dB na VKV, $F = 8$ dB na UVK. Přípustnou výstupní úroveň výrobce neudává. S ohledem na použité typy tranzistorů však bude velmi malá.

Slučovací jednotky

Velmi jednoduchou slučovací jednotkou je výhybka z obr. 76. Umožňuje sloučit signál VKV se signálem UKV. Tedy např. první a druhý TV program. Jak jsme již uvedli, je výhybka vytvořena z upravené horní a dolní-propusti (z jednoduchých Zobelových filtrů k).

Přenosové vlastnosti obou větví jsou v obr. 99. Útlum pro VKV (TV I-III



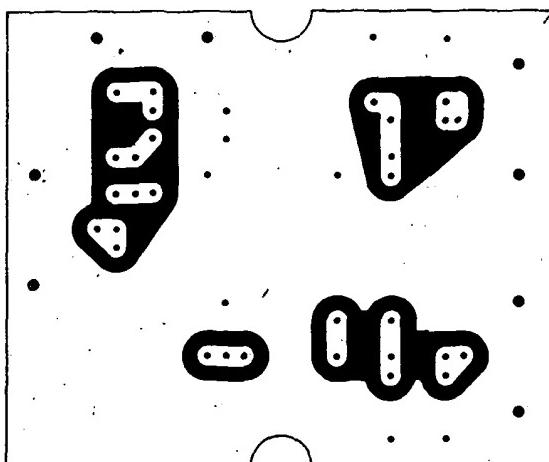
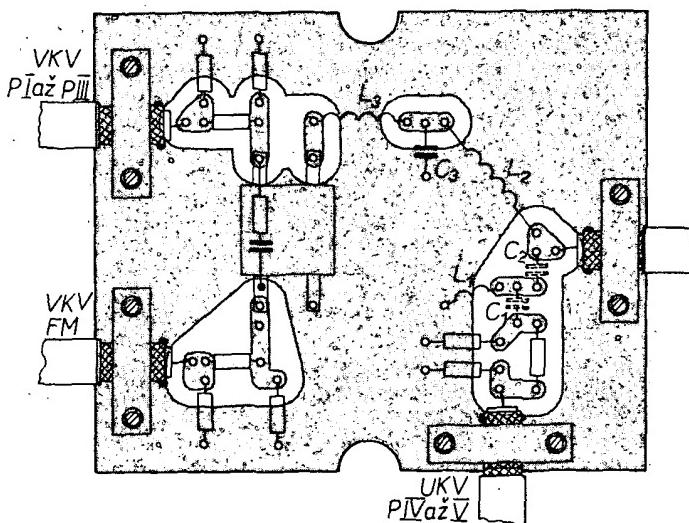
Obr. 99. Elektrické vlastnosti jednoduchého slučovače

a FM) $b \leq 0,5$ dB, pro UKV (TV IV-V) $b \leq 1$ dB. Chceme-li sloučit více signálů než dva, můžeme doplnit jeden nebo dva vstupy výhybky směrovým vazebním členem a to buď v provedení jako hybridní člen podle obr. 68, který zvětší útlum asi o 3,5 až 4 dB, nebo transformátorový člen podle obr. 62, který jeden vstup preferuje (zvětší útlum pouze o 0,5 až 1 dB). Chceme-li sloučit více signálů než dva, můžeme doplnit jeden nebo dva vstupy výhybky směrovým vazebním členem a to buď v provedení jako hybridní člen podle obr. 68, který zvětší útlum asi o 3,5 až 4 dB, nebo transformátorový člen podle obr. 62, který jeden vstup preferuje (zvětší útlum pouze o 0,5 až 1 dB), druhý potlačuje např. o 11 dB.

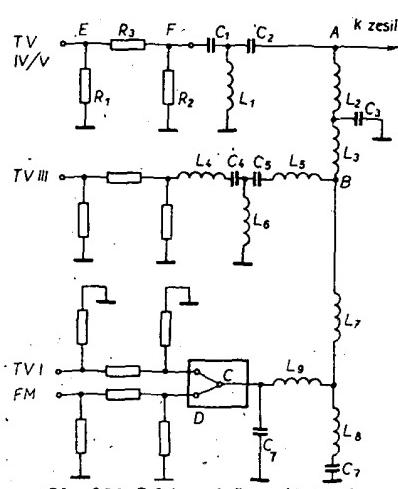
Na obr. 100 je deska s plošnými spoji této jednoduché slučovací jednotky. Slučovač můžeme provozovat buď samostatně nebo se spojení se zesilovačem. V druhém případě se musíme postarat o vyrovnání úrovni všech sloučených signálů. Na obr. 100 jsou proto doplněny jednotlivé vstupy odpovídajícími útlumovými články tvaru Π .

Slučovací jednotka na obr. 100 je konstruována tak, že ji lze umístit do ploché instalacní krabice 6480-81. Budeme-li používat širokopásmový zesilovač podle obr. 108, můžeme slučovací člen spojit se zesilovačem přímo spájením desek s plošnými spoji způsobem, který je popsán dále.

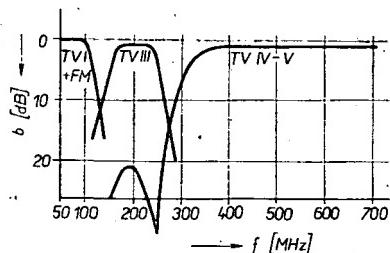
Složitější slučovací jednotka je řešena jako soubor propustí a pásmové propusti, případně hybridních prvků. Vstupy jsou doplněny útlumovými členy. Umožňuje sloučit TV I, TV III, TV IV-V, příp. FM CCR, OIR. Schéma je na obr. 101. Signál UKV (TV IV-V) je přiváděn do bodu A přes horní propust z dvou kondenzátorů C_1, C_2 a z cívky L_1 . Všechny ostatní signály, tj. VKV, přicházejí do místa A přes dolní propust L_2 ,



Obr. 100. Deska s plošnými spoji jednoduché slučovací jednotky (deska N234). Odporů útlumových článků volíme vždy podle tab. 6. – případně se vypouští L_1 má 1 3/4 závitu na trnu o Ø 4 mm drátu Cu o Ø 1 mm, L_2, L_3 na Ø 3 mm drátu o Ø 0,8 mm, L_4 1/2 z na Ø 3 mm drátu o Ø 0,8 mm Cu, C_1 je TK754, 4,7 pF, C_2 TK 754, 3,3 pF, C_3 TK 754, 10 pF



zařazena před zesilovač, její útlum zmenšuje jeho zisk a zvětšuje šumové číslo. Jelikož předpokládáme použití zesilovače s šumovým číslem $F \leq 5$ dB v rozsahu 50 až 800 MHz, bude vysledné šumové číslo $F \leq 5$ až 6,5 dB, tedy podstatně lepší než šumové číslo našich televizorů ($F \leq 18$ dB).

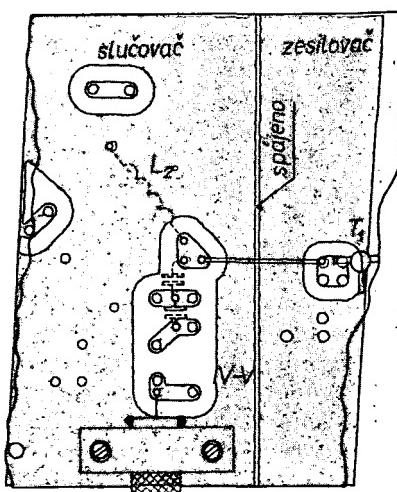


Obr. 102. Elektrické vlastnosti slučovací jednotky

Impedanční přizpůsobení samostatné výhybky je $\text{CSV} \leq 1,6$. Tento údaj platí pro ideální případ, kdy se měří impedance vždy na jednom vstupu, přičemž ostatní jsou zakončeny odpory 75Ω .

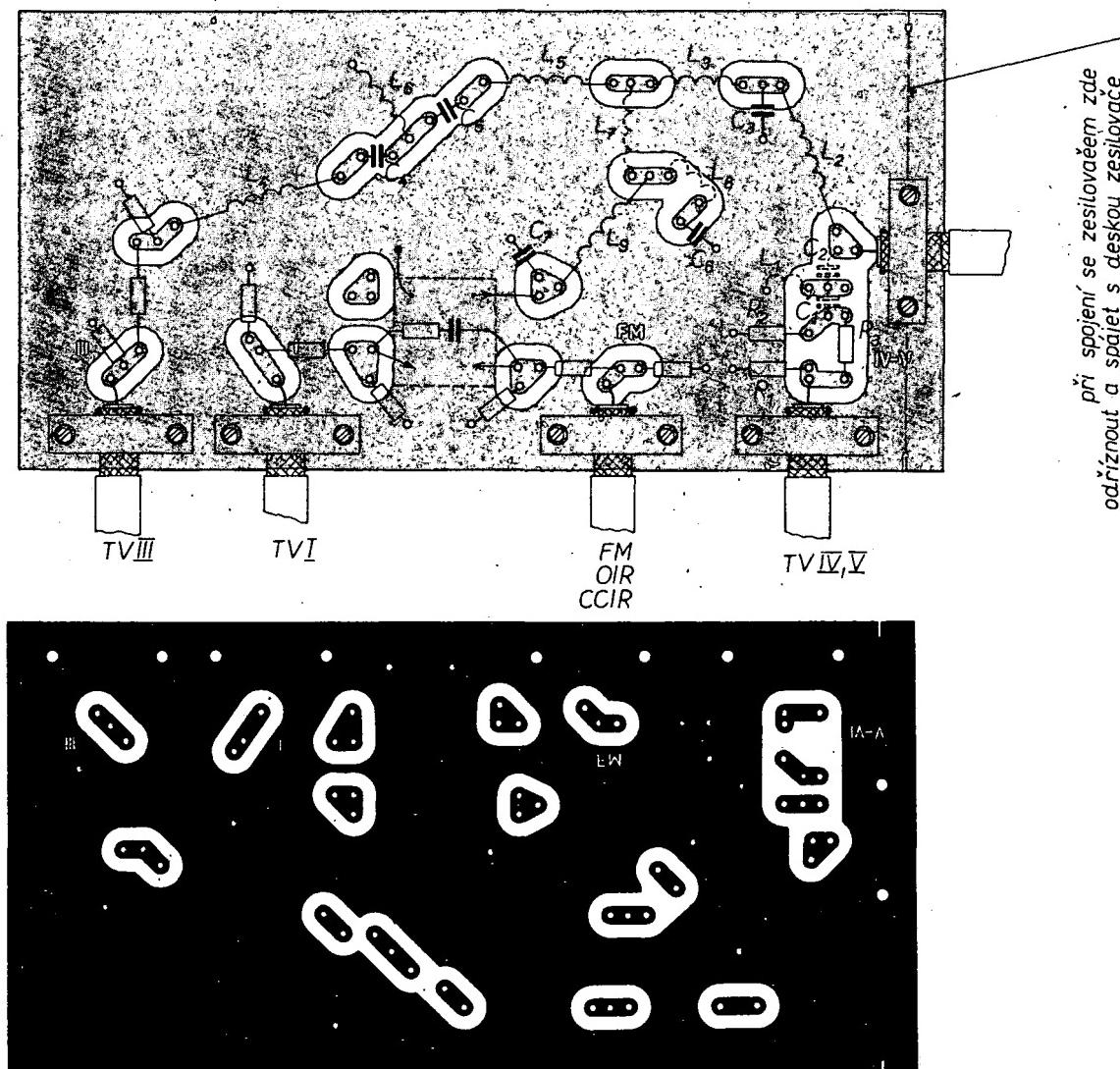
Konstrukce výhybky je na obr. 103. Jednotlivé prvky jsou pájeny tak, že plně kreslené jsou strany fólie, čárkováné kreslené ze strany izolantu. Kondenzátory jsou běžné keramické typy. Je žádoucí, aby jejich tolerance byla maximálně $\pm 5\%$. Civky mají relativně malý průměr a více závitů. Toto uspořádání je voleno z důvodu lepší reprodukovatelnosti. Obecně lze o reprodukovatelnosti říci, že menší odchylky ve funkci (posuv mezního kmitočtu, změny CSV) se běžně vyskytnou, nebudo však takové, aby činily výhybku nepoužitelnou. Často lze jistého zlepšení dosáhnout odehnutím krajních závitů, popř. roztažením nebo naopak přiblížením závitů. Výhybku je možno použít při silném vstupním signálu samostatně bez zesilovače. Vstupy a výstupy jsou v tomto případě připojeny na sousední kabel příchytkami (obr. 87, 103), které z druhé strany desky s plošnými spoji podložíme tuhým páskem, aby se při utahování deska nedeforovala. Příchytky zajišťují mechanické i elektrické (stínění) spojení kabelu s příslušným spojem. Kabely jsou proto přivedeny na stranu s fólií. Stejným způsobem uspořádáme výhybku i tam, kde sice použijeme zesilovač, ale ten bude vzdálen od výhybky.

Běžné uspořádání při provozu výhybky se zesilovačem je na obr. 104. Výstupní stranu



Obr. 104. Spojení slučovače se zesilovačem

desky s plošnými spoji výhybky seřízneme asi o 7,5 mm, jak je naznačeno v obr. 103 čárkován. Podobně seřízneme desku s plošnými



Obr. 103. Deska s plošnými spoji slučovací jednotky (deska N235) ($C_1 C_2 L_1$ mají být správně ze strany fólie)

spoji zesilovače na jeho vstupní straně asi o 5 mm (obr. 106, čárkovaná přímka). Obě desky spojíme po celé délce (obr. 104). Vstup zesilovače spojme s výstupem výhybky co nejkratším spojem s kondenzátorem C₁ (pro zesilovač z obr. 109), vedeným na straně fólie těsně (asi 1 mm) nad jejím povrchem.

Celou výhybku případně i se zesilovačem umístíme v krabiči z izolační hmoty, např. slepené z novoduru. Rozměry skříňky nejsou kritické, stačí, aby byly vzdáleny asi 10 mm od cívek a kondenzátorů za předpokladu, že nebude vystavena přímo vlivům povětrnosti (umístění uvnitř budovy, na půdě apod.). Tam, kde by krabiča byla vně budovy, je žádoucí ji poněkud zvětšit (vzdálit cívky a kondenzátory od jejího povrchu asi na 15 až 20 mm) a velmi pečlivě utěsnit. Tomuto uspořádání se pokud možno vyhneme a výhybku se zesilovačem umístíme na místě chráněném a suchém.

Použité součásti

Cívky

| | |
|----------------|---|
| L ₁ | 1 3/4 závitu drátu o Ø 1 mm CuL na Ø 4 mm |
| L ₂ | 8 3/4 z na Ø 3 mm |
| L ₃ | 4 z na Ø 3 mm |
| L ₄ | 7 z na Ø 3 mm |
| L ₅ | 6 z na Ø 3 mm |
| L ₆ | 8 z na Ø 3 mm |
| L ₇ | 8 z na Ø 4 mm |
| L ₈ | 3 3/4 z na Ø 4 mm |
| L ₉ | 13 3/4 z na Ø 3 mm |

Všechny cívky jsou vinuté s mezerami asi 1 mm drátem o Ø 0,8 mm CuL (kromě L₁)

Kondenzátory

| | |
|---------------------------------|--|
| C ₁ | 4,7 pF TK 754 (nebo podobné keramické) |
| C ₂ | 3,3 pF |
| C ₃ | 12 pF |
| C ₄ , C ₅ | 5,6 pF |
| C ₆ , C ₇ | 22 pF |

Zesilovač

Pro realizaci byly zvoleny dvě varianty zesilovače. Jednak je to doporučené zapojení firmy Telefunken pro tranzistory BFT95, poněkud upravené pro naše použití, jednak naše zjednodušená varianta.

Věnujme se nejprve původnímu zesilovači. Byl navržen na oboustranně plátované desce z bílého „Polyprintu“ tloušťky 1,4 mm, rozměru 52 × 32 mm. Jde o materiál s vynikajícími elektrickými vlastnostmi, hlavně s malými ztrátami. Zesilovač osazený dvěma BFT95 (tedy p-n-p) dává zisk asi 23 dB, šumové číslo $F \leq 4,3$ dB, CSV $\leq 2,3$ pro $Z_0 = 50 \Omega$ maximální výstupní napětí $U_0 \leq 95 \text{ dB}\mu\text{V}$.

Zesilovač byl ověřen na našem kuprexitu tloušťky 1,5 mm, jiný jsme neměli. Z elektrických hledisek by se lépe hodil materiál tlustší, 2 až 2,5 mm.

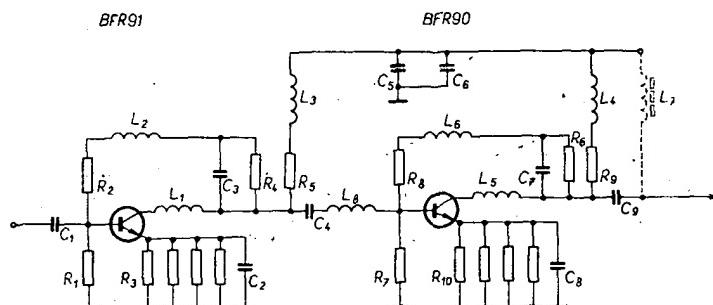
Tranzistory BFT95 byly nahrazeny obdobnými BFR91 a BFR90 (tedy n-p-n, BFT95 nebyly k dispozici). Původní rozměry desky (52,5 × 32,5 mm, obr. 106) byly pocházeny, zvětšena byla stínící strana spoje (92,5 × 62,5 mm). Důvodem pro toto zvětšení je skutečnost, že původní zesilovač měl stínici stranu desky se spoji zapájenou do vodivé krabičky, která stínící stranu vlastně zvětšovala. Bez této krabičky

(52,5 × 32,5 × 20 mm) jevil zesilovač známky nestability. V našem případě počítáme s nevodivou krabičí, ve většině případech společnou pro zesilovač i výhybku. Rozměry zesilovače byly v této koncepci přizpůsobeny.

Schéma zesilovače je na obr. 105. Jde o dvoustupňový širokopásmový zesilovač s paralelními a sériovými negativními zpětnými

vraťme se však ještě ke schématu na obr. 105. Induktivnosti L₁, L₈ kompenzují kapacitní složky výstupní impedance prvního tranzistoru na vyšších kmitočtech. Tím přizpůsobují tranzistory mezi sebou, L₅ upravuje výstupní impedanci.

Napájecí soustava je vf uzemněna terčíkovým kondenzátorem C₅ a běžným plošným



Obr. 105. Schéma zesilovače (širokopásmového) na oboustranně plátované desce s plošnými spoji

mi vazbami. Sériové zpětné vazby jsou vytvářeny vždy čtyřmi emitorovými odpory (R₃, R₁₀) zapojenými paralelně spolu s kondenzátory C₂, C₈, jež vytvářejí kmitočtovou korekci, tj. změnu zpětnou vazbu se zvýšujícím se kmitočtem. Jaký význam má paralelní řazení 4 × R₃? Kondenzátor C₂, popř. C₈ tvoří spolu s indukčností odporu R₃, popř. R₁₀ parazitní paralelní rezonanční obvod, zařazený mezi emitor a zem. Jakmile se provozní kmitočet zesilovače blíží k rezonančnímu kmitočtu tohoto obvodu, mění se jednak stupeň zpětné vazby, jednak fáze zpětnovazebního napětí. Na přenosové charakteristice se objevuje nepríjemné zvlnění, zisk se neúměrně zvětšuje, zesilovač se stává nestabilním, případně se rozkmitá. Je žádoucí, aby rezonance zmíněného nežádoucího paralelního obvodu byla posunuta daleko nad provozní pásmo zesilovače, do oblasti, v níž zisk tranzistorů se již rychle zmenšuje. Tomu napomáhá též použití terčíkových (bezvývodových) kondenzátorů C₂ a C₈.

Paralelní zpětná vazba je zaváděna odpory R₂ a R₈. Induktivnost cívky L₂ a L₄ ji směrem k výšším kmitočtům zmenšuje (kompenzace zmenšujícího se zisku tranzistorů).

V navrženém zesilovači jsou nad asi 500 MHz zpětné vazby výrazeny, zisk se začíná zmenšovat, průběh impedance se zhoršuje, reálná složka se rovněž zmenšuje. Impedanční přizpůsobení v širším pásmu je prakticky nerealizovatelné, návic kompenzační obvody by měly přidávat ztráty, které by zmenšovaly zisk a zhoršovaly šumové číslo. Zesilovač na obr. 105 byl původně určen pro $Z_0 = 50 \Omega$. Vzhledem k tomu, že reálná část výstupní impedance samotného tranzistoru je $\leq 50 \Omega$, je impedanční situace v našem případě, kdy se musí používat $Z_0 = 75 \Omega$, o něco horší (CSV ≤ 3). Pro daný účel to však není na závadu: souosý kabel k anténě nebyvá obvykle tak dlouhý, aby mohl zhoršovat kvalitu obrazu a zhoršení šumových poměrů je zanedbatelné.

(poduškovým) keramickým kondenzátorem C₆. Důvodem je nutnost bez zbytků likvidovat parazitní zpětné vazby přes napájecí obvody. Tomu napomáhají též malé sériové plošné cívky L₃ a L₄.

V zesilovači jsou použity tři terčíkové bezvývodové kondenzátory C₂, C₈, C₅. Nesezenete-li je, lze je nahradit poduškovými typy, které připájíte s minimálními přívody se strany fólie. V přenosové charakteristice se může objevit zvlnění přibližně nad 600 MHz. Totéž platí o impedanci.

Osazená deska s plošnými spoji je na obr. 106, všechny součásti jsou samoříjemně pájené s co nejkratšími přívody. Elektrické parametry jsou na obr. 107. Zesilovač lze vybudit na maximální výstupní úroveň $U_0 \leq 95 \text{ dB}\mu\text{V}$ (měřeno na 250 MHz). Doporučujeme však nepřekračovat $U_0 = 80 \text{ dB}\mu\text{V}$. Jak je vidět, proti originálu je zisk poněkud menší. Je to patrně především následek ztrát v materiálu desky s plošnými spoji, dále změnou typu tranzistorů. I tak jsou však výsledky dobré, pro daný účel plně vyhovují.

Použité součásti

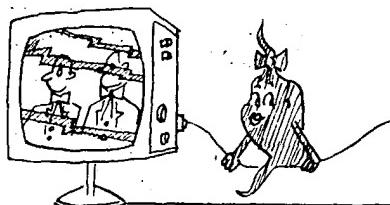
Odpory (TR 112, TR 151, TR 191)

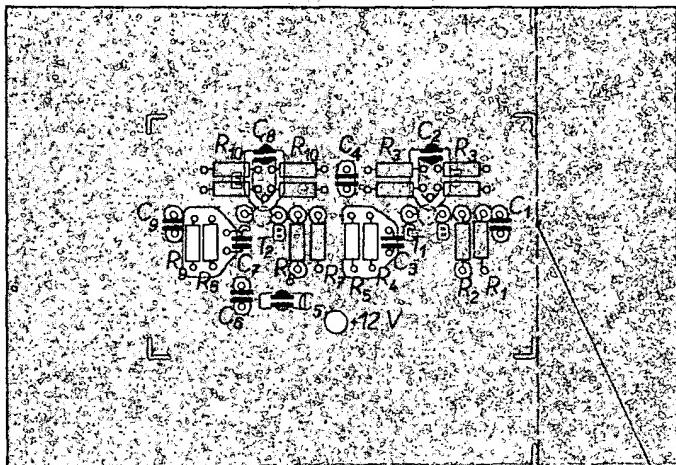
| | |
|-----------------|-------------|
| R ₁ | 3,3 kΩ |
| R ₂ | 390 Ω |
| R ₃ | 4 × 33 Ω |
| R ₄ | 22 kΩ |
| R ₅ | 680 (560) Ω |
| R ₆ | 5,6 kΩ |
| R ₇ | 2,2 kΩ |
| R ₈ | 390 Ω |
| R ₉ | 470 (390) Ω |
| R ₁₀ | 4 × 33 Ω |

Hodnoty R₅ a R₉ v závorkách zlepšují poněkud lineáritu, avšak zmenšují zisk až o 1 dB.

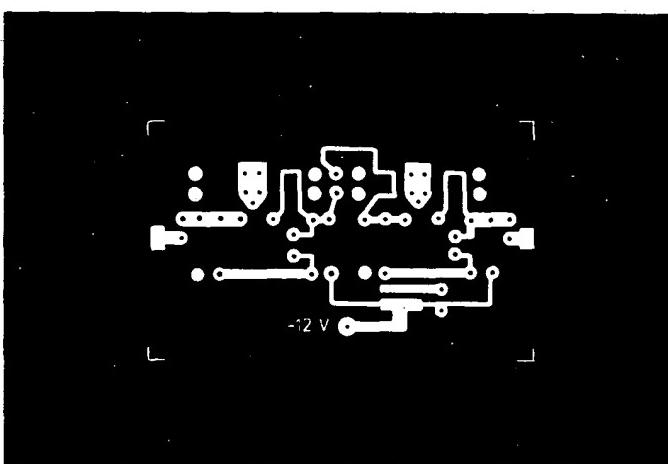
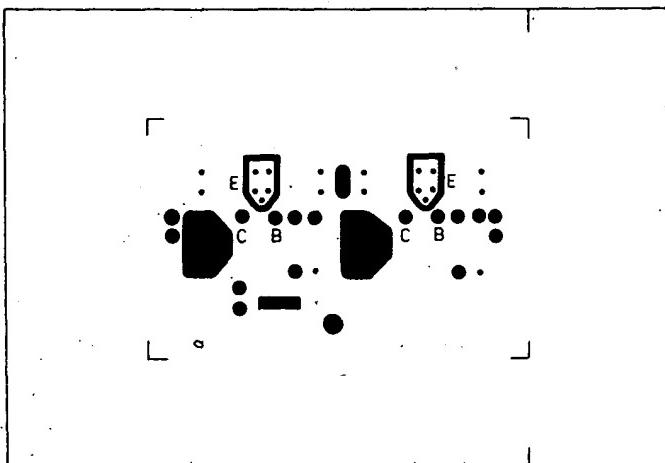
Kondenzátory

| | |
|---------------------------------|---|
| C ₁ | 1,5 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₂ | 15 pF, kotoučový bez vývodů, TK 651 (TK 671) |
| C ₃ , C ₄ | 1,5 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₅ | 1,8 nF, klínový bez vývodů, TK 960 |
| C ₆ | 33 nF, TK 783 |
| C ₇ , C ₉ | 1,5 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₈ | 15 pF, kotoučový bez vývodů, TK 651 (TK 571) |
| L ₇ | tlumivka 14 z drátu o Ø 0,2 až 0,3 mm na toroidu o Ø 4/2,4 × 1,6 mm, ferit. hmota NOS |





pri spojení s výhybkou zde odříznout a spájet



Obr. 106. Deska N236 zesilovače z obr. 105

Tranzistory

T₁ BFR91 (Philips)
T₂ BFR90 (Philips)

V obou stupních lze použít BFR90 nebo BFR91. Samozřejmě je možno vrátit se k původnímu osazení, tj. 2x BFT95 s tím, že změníme polaritu napájení (BFT95 je tranzistor typu p-n-p). Tranzistory lze pájet jak ze strany součástek, tak epoju.

Před montáží pokud možno zkontrolujeme odpory, obzvláště ty, které určují pracovní body tranzistorů, tj. děliče R₁, R₄, R₆, R₇, popř. kolektorové odpory R₅, R₉. Tolerančnosti by pokud možno neměly přesahnout 5 %. Při větších tolerancích je třeba jisté opatrnosti při oživování. To je ostatně žádoucí vždy, když pracujeme s poměrně dražšími tranzistory. Napájecí napětí zvětšujeme pos-

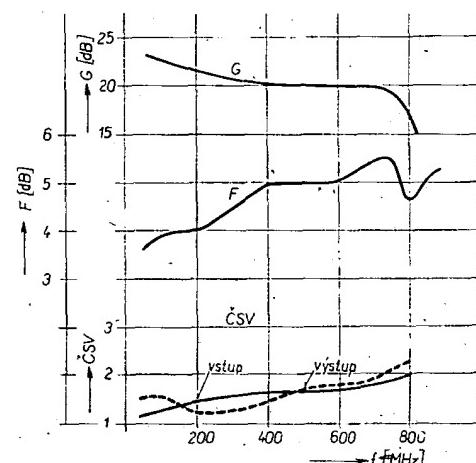
tupně až do maxima, tj. 12 V. Průběžně kontrolujeme pracovní body:

T₁ ≈ 7 V/7 mA.
T₂ ≈ 5 V/16 mA.

Kabel k zesilovači připevníme stejným způsobem jako ke slučovací jednotce, tj. přichytkou z obr. 87.

Zesilovač lze doporučit i méně zkušeným pracovníkům, „chodi“ na první zapojení. Tam, kde je dodržena podmínka o maximálním doporučeném výstupním napěti ($U_o = 80 \text{ dB}\mu\text{V}$, tj. 30 mV) je provoz bez problémů. Výstupní napětí můžeme regulovat pouze útlumovými členy na vstupu výhybky, příp. zesilovače, nebo ekonomičtěji ziskem antény. Nikdy ne změňou pracovních bodů tranzistorů! Tím bychom mohli zhoršit linearitu zesilovače.

Jediným problémem při realizaci je dvojvrstvová deska s plošnými spoji. Výrobce v ČSSR totiž nezaručuje elektrické vlastnosti s přijatelnými tolerancemi. V tomto směru může dojít i k nemilým překvapením.

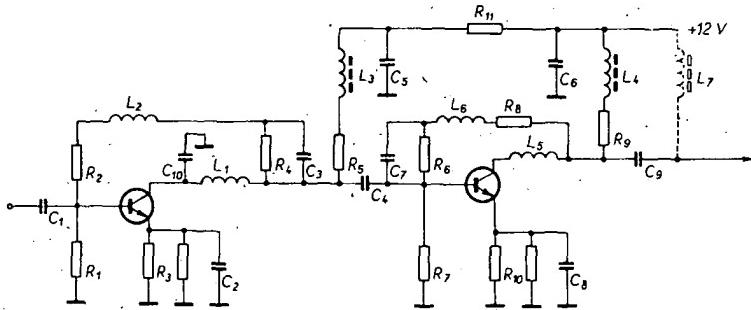


Obr. 107. Elektrické vlastnosti zesilovače z obr. 105

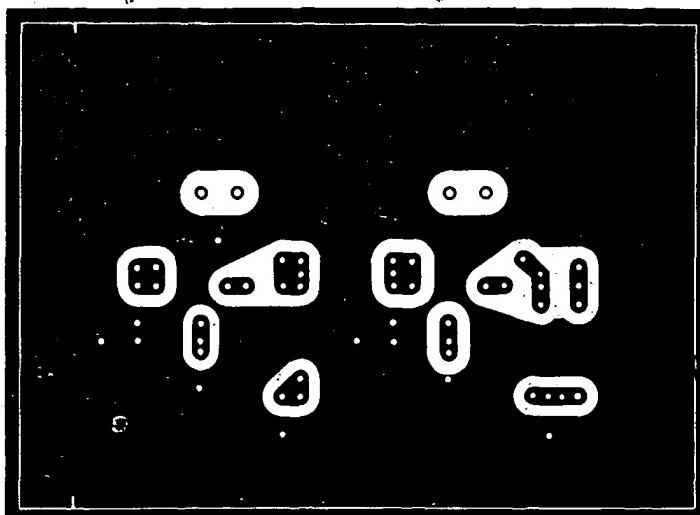
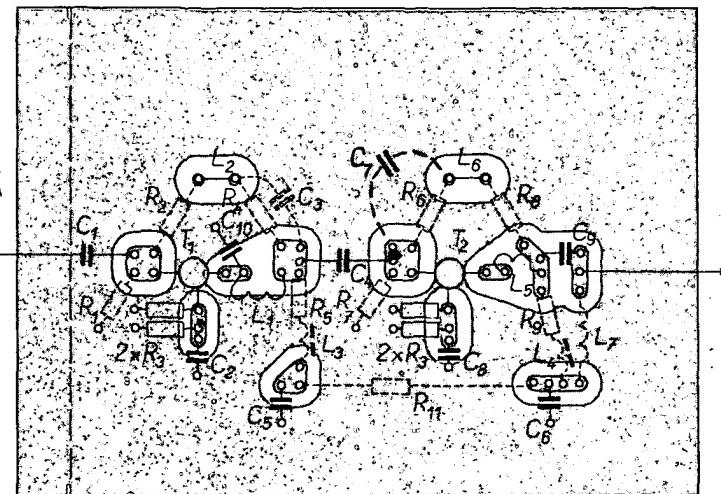
V dalším textu je popsán zjednodušený typ širokopásmového zesilovače na jednostranně plátované desce s plošnými spoji, který má poněkud výhodnější vlastnosti v oblasti UKV.

Schéma zesilovače je na obr. 108. V principu je zapojení shodné s předchozím. Určité změny jsou v obvodech zpětných vazeb. Sériová zpětná vazba je nyní realizována vždy pouze dvěma odpory paralelně ($2 \times R_3 = 2 \times R_{10}$). Ty je však nutno pájet ze strany tranzistorů, tj. ze strany fólie a to s velmi krátkými vývody. Kondenzátory C₂, C₈, které upravují průběh zpětné vazby – původně terčikové (schéma na obr. 105) – jsou nahrazeny bežnými poduškovými. Pájíme je s co nejkratšími vývody (!) opět ze strany fólie. Pod pojmem velmi krátký vývod je méně vývod délky asi 1 až 2 mm dlouhý! Při delších vývodech může někdy vzniknout extrémní zvlnění v přenosové charakteristikce na UKV:

Paralelní zpětná vazba byla poněkud zmenšena zvětšením odporů R₂ a R₈. Tím se zvětší zisk na VKV. Indukčnosti ve zpětné vazbě (L₂ a L₆) jsou tvorený pouze protažením vývodu odporů R₂ a R₈ děrami v desce



Obr. 108. Zapojení zjednodušeného zesilovače



Obr. 109. Deska s plošnými spoji N237 zesilovače z obr. 108 (C7 v obrázku chybí)

s plošnými spoji. Pro výstup jsou odpory R₄ a R₆ blokovány kondenzátory C₃ a C₇. Vývody R₄, C₃ jsou na straně L₂ prostrčeny společnou dírou v desce s plošnými spoji a spájeny. Je třeba, aby kapacita tohoto bodu vůči zemi byla minimální. Obdobně je zhotoven spoj R₆, C₇ s L₆.

Induktivnost čívek L₁ a L₅ znatelně ovlivňuje zisk a impedanční přizpůsobení zesilovače;

zvětšuje-li se, zvětšuje se v rozsahu UKV nejen zisk, avšak i ČSV. Na zhoršení impedančních vlastností se obzvláště podílí L₁.

V obr. 110, kde jsou elektrické vlastnosti zesilovače, najdeme též vliv L₁ na zisk a ČSV. Pro domácí rozvod je lépe volit variantu s menším ČSV, s malou indukčností L₁; L₁ = L₂ = 2 závitů lze považovat za kompromis s hlediska zisku a ČSV.

Ve schématu jsou do série s kolektorskými odpory R₅, R₉ zapojeny tlumivky L₃ a L₄. Jejich úkolem je především zvětšit kolek-

torovou zatěžovací impedanci tranzistorů. Pro funkci zesilovače nejsou nutné, zvětšují však zisk, hlavně na UKV: L₃ asi o 0,3 až 0,5 dB, L₄ asi o 0,8 až 1 dB. Původně byl zesilovač navržen bez nich, obdobně jako doporučené aplikační schéma fy Telefunken, chybí pro ně proto „ostrůvky“ v plošných spojích. Je tedy nutné spojit tlumivky s příslušnými odpory přímo (obr. 109). Elektricky je tento způsob ostatně výhodnější, než spojení přes „ostrůvky“. Tlumivky L₃ a L₄ (popř. L₇) jsou vinuté na toroidy o Ø 4,0/2,4 × 1,6 mm z libovolné hmoty N (v našem příp. N05). Forma toroidu je výhodná z hlediska jednak rozměru, jednak vzájemných vazeb. Nesezenete-li feritové toroidy, lze L₃ a L₄ vynechat (obzvláště L₃).

Elektrické vlastnosti zesilovače jsou na obr. 110. Maximální výstupní výkon napětí zesilovače je asi $U_0 \leq 90 \text{ dB}\mu\text{V}$. Doporučujeme však zásadně používat menší výstupní napětí, $U_0 \leq 80 \text{ dB}\mu\text{V}$, tj. $\leq 30 \text{ mV}$.

Pracovní body obou tranzistorů jsou stejné jako u předchozího zesilovače, tj. T₁ = 7 V/7 mA, T₂ = 5 V/15 mA.

Na rozdíl od běžných zvyklostí jsou součásti pájeny z obou stran desky s plošnými spoji. Např. oba tranzistory, součásti hlavní cesty signálu, blokovací kondenzátory jsou pájeny ze strany fólie. Důvodem této úpravy je snaha zmenšit ztráty v dielektriku, v některých případech zkrátit spoje, nebo oddělit stíněním některé obvody zesilovače.

Srovnáme-li elektrické vlastnosti zesilovače (obr. 107) a upraveného zesilovače (obr. 110) lze konstatovat, že úprava zvětšila zisk v oboru UKV za cenu přijatelného zhoršení impedance. Markantní je rychlý pokles zisku u původního zesilovače nad 700 MHz. Je to zřejmě vliv nevhodného materiálu desky. To je také patrné důvod méně příznivých šumových vlastností původního zesilovače. Vcelku lze však říci, že rozdíly v elektrických vlastnostech nejsou zásadní a v provozu budou patrné pouze nad 600 MHz.

Obecně je zjednodušený zesilovač výhodný tím, že materiál (jednostranně plátovaný kuprexit) při dané koncepci (oboustranné osazení součástkami) prakticky neovlivňuje elektrické vlastnosti zesilovače. Z tohoto hlediska je vhodné dát tomuto provedení přednost před zesilovačem na oboustranně plátované desce.

Osazená deska s plošnými spoji je na obr. 109. Součásti pájené ze strany fólie jsou vyznačeny čárkovaně, ostatní plně.

O konstrukci krabice pro zesilovač a o spojení s výhybkou platí totéž, co o předchozím zesilovači (odstranění části stínění a jejich spájení).

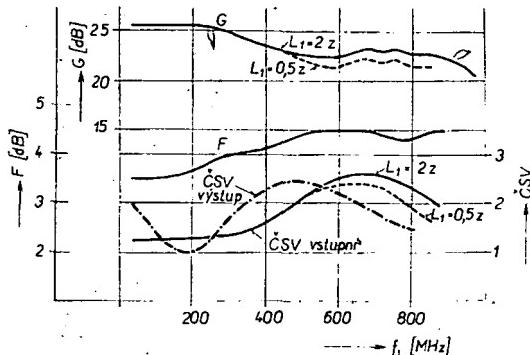
Seznam součástí

Odpory (TR 112, TR 151, TR 191)

| | |
|-----------------|-------------|
| R ₁ | 3,3 kΩ |
| R ₂ | 560 Ω |
| R ₃ | 2 × 22 Ω |
| R ₄ | 22 kΩ |
| R ₅ | 680 (560) Ω |
| R ₆ | 5,6 kΩ |
| R ₇ | 2,2 kΩ |
| R ₈ | 560 Ω |
| R ₉ | 470 (390) Ω |
| R ₁₀ | 2 × 22 Ω |
| R ₁₁ | 10 Ω |

Kondenzátory

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| C ₁ | 1,5 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₂ | 5,6 pF, TK 754 |
| C ₃ , C ₄ | 1,5 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₅ , C ₆ | 15 nF, TK 783 |



Obr. 110. Elektrické vlastnosti zesilovače z obr. 108

| | |
|-----------------|-------------------------|
| C ₁ | 1,5 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₆ | 5,6 pF, TK 754 |
| C ₉ | 1 nF, TK 745 (TK 725) |
| C ₁₀ | 1 až 1,5 pF, TK 656 |

Cíalky

- L₁ 2 závity drátu o Ø 0,5 mm na trnu o Ø 1,5 mm
- L₂ propojka o Ø 0,5 mm
- L₃, L₄ tlumivka, 12 z drátu CuL o Ø 0,2 až 0,3 mm na toroidu o Ø 4/2,4 × 1,6 mm (ferit NOS) jako L₁
- L₅ jako L₂
- L₆ tlumivka, 14 z drátu o Ø 0,3 mm na toroidu o Ø 4/2,4 × 1,6 mm (ferit NOS)

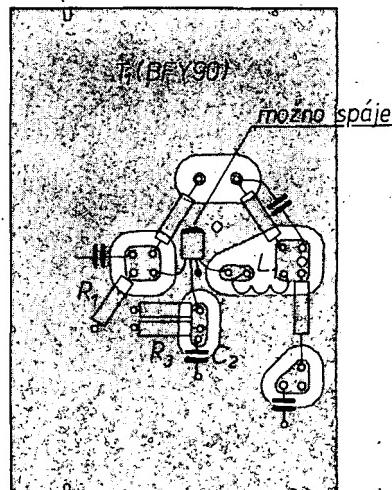
V nouzi lze L₃, L₄, L₇ navinout se stejným počtem závitů na feritové šroubovací jádro M3 (z hmoty N). Délku jádra volíme co nejmenší.

Pro oba zesilovače byly použity tranzistory BFR90, BFR91. Byly vybrány především z elektrických hledisek. Jsou to tranzistory zahraniční a pro většinu je značným problémem je získat. Stojíme před choulostivou otázkou, jak je to možnosti nahradit BFR90 jiným dostupným tranzistorem. Předně je nutno konstatovat, že u nás se nic podobného nevyrábí. Zbyvá tedy jedině: individuální, regulérní dovoz s řádným pročleněním. Cena BFR90 je asi 10 DM, cto nebude patrně velké. Rozhodně je tento způsob bezpečnejší, než používání služeb různých překupníků.

Poněkud levnější je tranzistor BFY90 (asi 5 DM), ovšem jeho elektrické vlastnosti jsou v kmitočtovém oboru UKV zásadně horší. Pokud budeme volit výše uvedenou regulérní cestu k získání potřebných tranzistorů, nemělo by cenu dovážet zastaralé tranzistory BFY90. Přesto se však zmínime o jejich využití pro naš zasilovač. Máme-li alespoň jeden tranzistor BFR90, použijeme ho samozřejmě na vstupu. Tím si zajistíme dobré šumové vlastnosti celého zasilovače. Druhý stupeň osadíme horším BFY90. Naskytá se otázka, jaké to bude mít následky a jak to provést. Předně se musíme připravit na to, že se zisk na UKV změní nejméně na polovinu, tj. asi 4 až 5 dB na stupeň. Zisk celého zasilovače se při nahradě jediné BFR90 tranzistorem BFY90 změní asi na 15 dB (pro UKV). Při nahradě obou tranzistorů za BFY90 bude zisk pro UKV G = 10 dB. Navíc se zvětší šumové číslo v tomto kmitočtovém oboru asi na 9 až 11 dB.

Jak při nahradě postupovat? Vývody je nutno zkrátit na minimum, obzvláště spoj na čepičku, který uzemníme nejkraťším možným způsobem na zemnické část fólie desky s plošnými spoji, která se nachází mezi vstupním a výstupním ostrůvkem původního tranzistoru. Ti zkušenější mohou připájet čepičku tranzistoru přímo k plošnému spoji. Tranzistor je pak přiložen naplocho k přísluš-

nemu spoji a horní část čepičky je k němu připájena (obr. 111). Veškeré spoje pak



Obr. 111. Záměna BFR91 za BFY90 v zasilovači podle obr. 108

budou velmi krátké. Připájení čepičky tranzistor nepoškodi, BFY90 je křemíkový tranzistor, přesto je však vhodné čepičku předem „opájet“ a pracovat rychle. Zemnický vývod je pak možné odštípnout.

Pracovní body zasilovače s tranzistory BFY90 mohou zůstat shodné jako u původního zasilovače. Obvykle není nutno ani měnit délku v bázi. Při oživování je však třeba postupovat opatrně, pozvolna zvětšovat napětí, kontrolovat pracovní body. Rozptyl parametrů BFY90 je větší, než BFR90. Tlumivky L₃, L₄ jsou při osazení BFY90 nutné. Kondenzátor C₁₀ (1 pF) vynescháme.

Naměřené průběhy zisku, impedance a šumu jsou na obr. 111.

Závěrem ještě krátko o napájení. Napájecí napájet zasilovačů je možno připojit do místa, označeného na desce s plošnými spoji. Je žádoucí, aby spoj ke zdroji nelezel na vlastním zasilovači, nýbrž vycházel z něj nejkratší možnou cestou, vyhýbaje se aktivním (vf) částem zasilovače. Zasilovač je možno napájet i po kabelu, který vede k televizoru. Za tím účelem je nútne spojit napájecí ostruvek zasilovače přes tlumivku L₇ s žílou kabelu, jak je naznačeno na obr. 105, 106, 108, 109. Nebudete-li zasilovač napájet po kabelu, samozřejmě odpadá L₇.

Nejjednodušším a přesto velmi dokonalým zdrojem jsou tři ploché baterie. Při odběru asi 25 mA vydrží i několik měsíců.

Zvláště první experimenty s rozvodem je nejlépe začít s podobným levným zdrojem.

Jinak vyhoví jakýkoli dobré vyfiltrovaný zdroj, návodů již výšlo v AR bezpočet. Typickým pro daný účel je dvoucestný usměrňovač. Stabilizace není nutná, nekolísá si o více než ±10 %. Důležitá je pouze dokonalá filtrace. Zdroj je možno umístit do zvláštní skříňky, nebo i do společné skříňky s výhýbkou a zesilovačem. V posledním případě je však žádoucí vzdálit co možno transformátor od zesilovače (min. asi 3 cm, od vstupu dvojnásobek) a zdroj umístit směrem za výstup zesilovače.

Postup při návrhu zařízení pro příjem o rozvod signálů TV a R

Nejprve musíme zjistit velikost a jakost signálů, které je možno přijímat. Na základě požadovaného množství a umístění účastnických příjmových míst navrheme rozvodnou síť, z návrhu vyplyne i požadavek na velikost signálu. Při znalosti těchto dvou údajů určíme, zda je nutné (a jak) signál zesílit a jak je sloučit.

Zajištění vhodných signálů

Při rozhodování, který TV kanál je vhodný k příjmu, je rozhodující síla pole a jeho jakost v místě, kde chceme postavit anténu. Přesně můžeme tyto podmínky zjistit pouze měřením síly pole a měřicím TV přijímačem.

Budeme-li znát sílu elektromagnetického pole v $\mu\text{V/m}$, můžeme určit pomocí výrazu (16, str. 175) nebo z diagramu na obr. 113 přímo velikost napětí v μV , nebo úroveň v $\text{dB}\mu\text{V}$ pro samotný skládaný dipól. Při znalosti zisku [dB] antény, snadno pak zjistíme úroveň signálu na antenních svorkách.

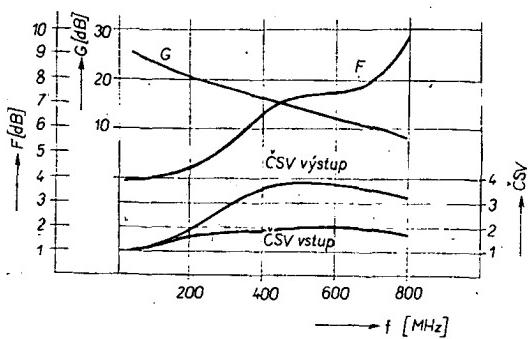
Např. naměříme-li v místě, kde bude umístěna anténa, pole 10 m V/m (24. TV kanál, tj. při kmitočtu nosného obrazu $f_{obr} = 495,25 \text{ MHz}$), podle diagramu obr. 113 zjistíme úroveň na dipolu, 60 $\text{dB}\mu\text{V}$. Použijeme-li šestiprvkovou anténu 0624 GL, která má zisk 5,5 dB, můžeme očekávat výslednou úroveň signálu 65,5 $\text{dB}\mu\text{V}$, tj. téměř 2 mV.

Velikost signálu, který dodává použitá anténa, je též možno změřit přímo a to pomocí měřicího TV přijímače, nezbytně nutné je však zjistit tímto přijímačem i jakost signálu. Může se totiž stát, že i silný signál bude do té míry zkreslený, hlavně vlivem odrazů, že bude prakticky nepoužitelný.

Pokud nemáme možnost použít tyto speciální měřicí přístroje, můžeme si vypomoci běžným, nejlépe však přenosným TV přijímačem.

Měřit můžeme jen při nízkých úrovniach signálu, kdy ještě „nezabírá“ samočinné řízení zisku.

Velikost signálu pak lze určit podle jakosti obrazu. Ve statí o šumu jsme v tab. 2 uvedli přibližné úrovně signálu potřebné pro dokonalý nebo ještě přijatelný obraz. Při měření půjde o to, jak přijímaný signál zmenší na tuto úroveň. Již dříve jsme uvedli, že při přenosu VKV a UKV můžeme zmenšit signály pouze útlumovým členem. Chceme-li proto zjistit velikost signálu, který přichází z antény, zařadíme do vedení takový útlumový člen, který právě ještě umožní dobrý obraz. Ku příkladu, můžeme-li zařadit útlumový člen 20 dB při příjmu vysílače na K7, můžeme předpokládat, že úroveň signálu



Obr. 112. Elektrické vlastnosti zesilovače s BFY90

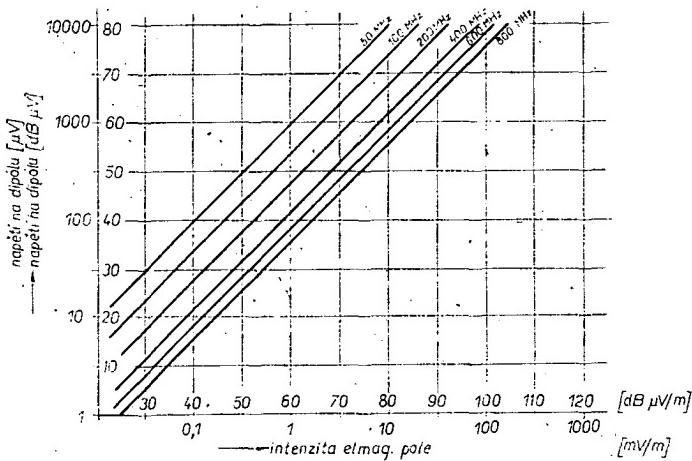
z antény je $50 + 20 = 70 \text{ dB}\mu\text{V}$, tj. 3,2 mV. Hlavně však ovšem vidíme, že máme k dispozici až 20 dB, které můžeme použít k hrazení ztrát v rozvodě.

Toto byl případ, kdy je již postavena anténa a zjištujeme velikost a jakost signálu, který dodává. Jinou otázkou je rozhodnout se pro určitý vysílač, zvláště pak tehy, nacházíme-li se mimo oblast zaručeného příjmu. V tomto případě se musíme přesvědčit, že-li naděje, že po postavení rádnej antény obdržíme takový signál, který umožní dobrý obraz. Zde si opět můžeme pomocí běžným, nejradijněji přenosným přijímačem. Pro tento pokus si však nejprve musíme zhotovit náhražkovou anténu, tj. skládaný dipól potřebné délky se svodem k televizoru. Pokud se podaří získat obraz (i když v šumu), má smysl investovat další náklady do nákupu a stavby antény. Je-li obraz s náhražkovou anténu sotva znatelný, musíme počítat s tím, že i s dobrou anténou budeme muset použít předzesilovač.

44 nebo 51). Na jeho výstup potom připojíme souosý kabel, který bude sloužit jako přívod k přijímači. Stejným způsobem musíme v každém případě řešit svod od definitivních antén.

Chceme-li měřit velikost signálu, použijeme k tomu účelu vždy souosý svod. Abychom mohli do tohoto svodu zařadit útlumový člen, musíme jej (nejlépe blízko přijímače) přerušit podle obr. 114. a připojit útlumový člen podle tab. 6.

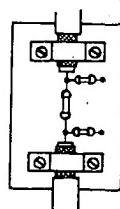
Nosnou desku je vhodné udělat kovovou, aby zabezpečila dokonalé spojení mezi stínícími vodiči obou konců kabelu. K upevnění středních vodičů kabelu a součástek je možno použít izolované „opěrky“, použit lze též samonosnou konstrukci. V tom případě připájíme odpory útlumového člena přímo na střední vodiče sousošného kabelu. Při realizaci člena musíme vždy dbát na to, aby stínění obou konců bylo navzájem bezpečně spojeno. Na dokonalé připojení stínícího vodiče nesmíme nikdy při montáži zapomenout.



Obr. 113. Diagram k určení napětí získaného půlvlnným dipolem při impedanci 75Ω

Nyní ještě něco o tom, jak propojíme anténu s televizorem. První věc, na které záleží, je druh vstupu TVP (300 Ω nebo 75 Ω). Chceme-li ověřit možnost příjmu s pomocnou anténu u přijímače se symetrickým vstupem 300 Ω, stačí připojit na konec skládaného dipolu dvojlinky, kterou je potom možno použít jako přívod k TV přijímači. Pokud máme při tomtéž měření TV přijímač se souosým vstupem 75 Ω, musíme se postarat o desymetrizaci na svorkách antény. K tomu musíme použít některý z dříve popsaných symetrikačních členů (obr.

Kabel s nepřipojeným stíněním (nebo připojeným jen na jedné straně) se nechová jako vedení, vybrž pouze jako vodič s velkou



Obr. 114. Způsob připojení útlumového člena do vedení

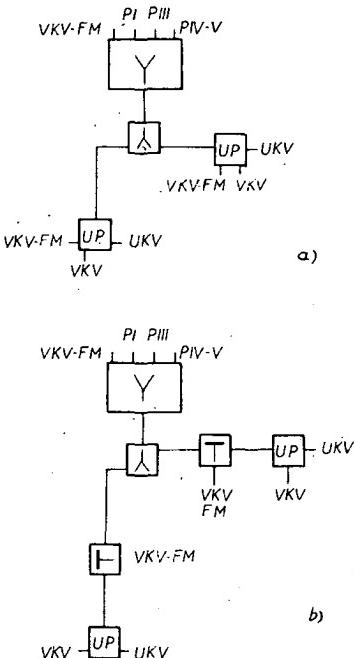
kapacitou proti zemi. V tomto případě je stínící pláště spíše ke škodě, než k užitku. Budeme-li měřit přijímačem se symetrickým vstupem, musíme za útlumový člen zapojit ještě symetrikační člen podle obr. 93. Pokud bychom to neudělali, vedlo by to jednak k impedančnímu nepřizpůsobení, jednak ke stejnemu jevu, jako když nepřipojíme stínění.

Příklady řešení a kalkulace některých typů domovních rozvodů

Na celkových ztrátech v rozvodě se bude podílet jednak slučovací člen, jednak vlastní rozvodná síť. Ztráty ve slučovacím členu je nutno stanovit pro jednotlivé přijímané kanály zvlášť; na jejich velikost má vliv složitost slučovače. Pro jednotlivé typy slučovačů jsou uvedeny útlumy v příslušné kapitole. Na tomto místě se proto budeme zabývat určováním ztrát pouze v domovní síti a to u několika typů malých rozvodů.

Rozvod pro minimální počet účastníků

Nejjednodušší je, chceme-li zabezpečit signál pro dva účastníky. V tomto případě je výhodné s ohledem na dosažení minimálních úbytků použít rozbočovací členy. To znamená rozbočit energii přiváděnou od antény do dvou směrů, vždy se stejnými úbytky. Schéma takového rozvodu je na obr. 115a, b.



Obr. 115. Rozvod signálu TV a R pro dva účastníky

V prvním případě je účastnická přípojka řešena s rozbočením pro napájení rozhlasu VKV FM. V druhém případě napájíme rozhlasový vstup zvláštním odbočovačem. Kalkulace útlumu pro jednotlivá pásmá a provedení podle obr. 115a, b je v tab. 12. Vidíme, že velikosti útlumu pro jednotlivá provedení se od sebe liší jen málo (kromě odbočení pro rozhlas FM). Na základě doporučených úrovní potřebných na vstupu přijí-

mace pro úvod v obraz (tao. 2) vidíme, že tento typ rozvodu můžeme volit za předpokladu, že z antény přijímající TV signál v rozsahu I. až III. pásmá získáme signál alespoň 62 dB μ V, tedy větší než 1 mV, a v rozsahu IV. a V. pásmá asi 70 dB μ V, tj. větší než 3 mV.

Tab. 12. Kalkulace útlumu v rozvodu podle obr. 114a, b

| Díly rozvodu | Útlum v kmitočtovém pásmu [dB] | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|-------|--------|------|---------|-----|---------|------|
| | VKV-FM | | VKV 41 | | VKV K12 | | UKV K30 | |
| | typ a | typ b | a | b | a | b | a | b |
| Slučovač | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 3,0 |
| Kabel VKV 630 15 m | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 2,6 | 2,6 |
| Rozbočo- vač | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4,2 | 4,2 |
| Odbočo- vač | 0 | 11,5 | 0 | 1,0 | 0 | 1,0 | 0 | 1,5 |
| Úč. připojka | 4,5 | 0 | 4,5 | 1,0 | 4,5 | 1,0 | 2,5 | 2,5 |
| Celkový útlum | 12,8 | 19,8 | 12,8 | 10,3 | 11,5 | 9,0 | 12,3 | 13,8 |

S ohledem na oddělení přijímače VKV – FM od TVP je výhodnější provedení podle obr. 115b. Pokud se týká oddělení obou účastníků, měl by zpětný útlum rozbočovače obě účastnické větve oddělit spolehlivě. Ještě však je nutno upozornit na potíž, která vznikne při použití rozbočovače v rozvodné sítí tak, jak je to na obr. 115. Jak již bylo řečeno, umožňuje hybridejní obvod provedený jako rozbočovač rozbočit jeden nebo více signálů do dvou směrů. Podmínkou však je, aby oba výstupy byly v celém kmitočtovém pásmu zatíženy charakteristickou impedancí, tj. 75 Ω . V našem případě to však nebude dodrženo. Vstupy TV přijímače se budou mimo pásmo, na které jsou nastaveny, chovat jako obecná impedance. V případě, že není přijímač v chodu, budou se tak chovat na všech kmitočtech. Totéž platí i o přijímači rozhlasovém. Praktický důsledek toho je, že vzniknou určité odchylky od jmenovitého útlumu rozbočovače; jejich velikost však nebude tak velká, aby to působilo rušivě. Horší bude, že v místě nepřizpůsobení vzniknou odrazy, které by mohly mít za následek vznik duchů. Můžeme jim v tomto případě zabránit pouze tím způsobem, že zvolíme takové délky jednotlivých větví (tj. v tomto případě prakticky od antény až k účastnické připojce), aby zpoždění, které vznikne na této délce kabelu, nebylo na obrazu patrné. V praxi to znamená volit délku kabelu 10 až 15 m. U typu malého rozvodu, který jsme uvažovali, lze tento požadavek obvykle dodržet.

Z toho co bylo řečeno vidíme, že pro tak malý počet účastnických připojek (a přistoupí-li k tomu ještě požadavek pouze dvou TV programů a rozhlasu VKV-FM) není nutné signálny sloučovat a opětneť je oddělovat. Ekonomicky výhodné by bylo realizovat rozvod oddělenými svody (od jednotlivých antén). Znamená to, že bychom potřebovali tři oddělená vedení a tři rozbočovače. Odpadne slučovač a účastnické připojky. Útlum od antény ke každému účastníkovi by byl pro VKV – FM a I. a II. TV pásmo asi 4,5 dB, pro III. TV pásmo asi 5 dB a pro IV. a V. pásmo asi 7 dB. Vidíme, že vystačíme se signálem o 6 dB menším, tj. asi polovičním vzhledem k případu podle obr. 115.

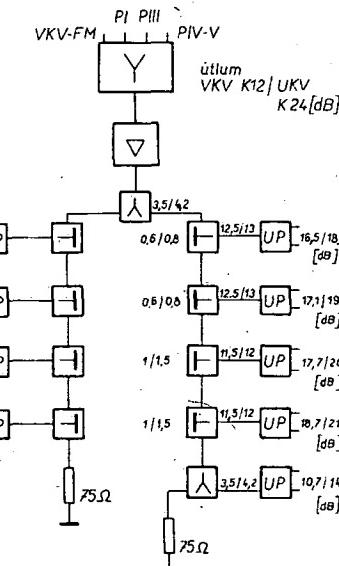
Podobně podstatně zjednodušíme konstrukci a zmenšíme ztráty pro tento typ

rozvodu, sloučíme-li do jednoho vedení pouze programy TV a rozvod rozhlasu FM provedeme zvlášť. Potom vystačíme s nejjednodušším provedením slučovacího člena jako kmitočtové výhybky shodné s účastnicí kou připojkou.

Rozvody rozbočovacími členy je možno realizovat ještě kupř. pro čtyři účastníky pomocí tří rozbočovačů. Útlumy uvedené v tab. 12 se tím zvětší asi o 3,5 dB. Musíme však stále pamatovat na všechna omezení, která byla uvedena.

je i kalkulace ztrát v tomto typu rozvodu. Vidíme, že jsme schopni zásobit 8 nebo 10 účastnických připojek při největší ztrátě v rozvodu k účastníkovi asi 20 dB. Je velmi pravděpodobné, že u tohoto typu rozvodu se již neobejdeme bez zesilovače. Pokud se rozhodneme užit širokopásmový zesilovač (obr. 116), bude vhodné vybudit jej na výstupní úrovni max. 80 dB μ V. U zesilovače, který má vlastnosti odpovídající provedení podle obr. 108 a 109, je to právě vyhovující s ohledem na zajištění dostatečné bezpečnosti proti přebuzení. V tomto případě se musíme postarat o to, aby úroveň všech TV signálů za slučovacím členem byla asi 60 dB μ V. O této skutečnosti je třeba se přesvědčit měřením tak, jak bylo již uvedeno dříve. Pokud by některý ze signálů převyšoval tuto hranici, je nutno se ve slučovacím členu postarat o vyrovnání. Při provedení podle obr. 101 je na to pamatováno jednak možnost použít směrové vazební členy s různým útlumem jednotlivých větví, který je určen ke slučování kmitočtově blízkých signálů, jednak použitím útlumového člena tvaru odporového článku II, který můžeme realizovat v potřebné velikosti v cestě každého přiváděného signálu. Za těchto předpokladů, tj. při použití širokopásmového zesilovače se ziskem asi 22 dB a jeho vybuzení asi na 80 dB μ V a při volbě potřebné úrovni u účastníka podle tab. 2 máme určitou rezervu, ovšem pouze pro kanály přenášené v rozsahu VKV. Pro pásmo UKV předpokládaná úroveň právě postačí ke krytí ztrát v rozvodu, zvláště když připočteme ještě útlum kabelu (asi 1,5 dB), který není v kalkulaci na obr. 116 uvažován.

Na tomto místě je třeba ještě upozornit na to, že při předpokládaném sloučení signálů mohou vznikat potíže přebuzením zesilovače silným signálem rozhlasu VKV – FM. Na tuto skutečnost jsme již upozorňovali dříve. Abychom tomu zabránili, musíme nastavit úroveň signálů rozhlasu FM asi o 10 dB menší než úroveň TV signálů, to znamená, asi 70 dB μ V na výstupu zesilovače.



Obr. 116. Rozvod signálu TV a R pro větší počet účastníků

máme zaručenu minimální možnost vzniku odrazů. S ohledem na maximální využití úrovni signálu to však není optimální řešení. Z tohoto hlediska bychom mohli doporučit použití rozbočovacího člena na konci stoupacího vedení. Aby však nemohlo dojít k jeho nadměrnému nepřizpůsobení, je vhodné jeden jeho výstup nepoužít pro účastnickou připojku, nýbrž zatížit jej 75 Ω . V tom případě je lví druhého výstupu omezen. Tento způsob je též uveden na obr. 116, kde

Literatura

V seznamu literatury jsou uvedeny některé z publikací, které se zabývají tematikou příjmu a rozvodu v signálu.

- [1] Borovička, J.: Přijímače a adaptory pro vkv. Praha: SNTL 1967.
- [2] Hodinár, K.: Stereofonní rozhlas. SNTL: Praha 1971.
- [3] Český, M.: Antény pro příjem rozhlasu a televize. SNTL: Praha 1976.
- [4] Český, M.; Vodrážka, J.: Rádce televizního opraváře. SNTL: Praha 1974.
- [5] Český, M.: Příjem rozhlasu a televize. SNTL: Praha 1976.
- [6] Český, M.: Stavba malé společné antény. SNTL: Praha 1978.
- [7] Mack, Z.; Kryška, L.: Příjem stereofonního rozhlasu. SNTL: Praha 1978.
- [8] Richter, H.: Příručka techniky televizního příjmu a příjmu na vkv. SNTL: Praha 1965.
- [9] Hošek, Z.; Pejskar, J.: Vysokofrekvenční tranzistorové zesilovače. SNTL: Praha 1967.

Zajímavosti ze světa

Mikropočitačový simulátor „SFS Wallet-size“ napodobuje let kosmickou lodí

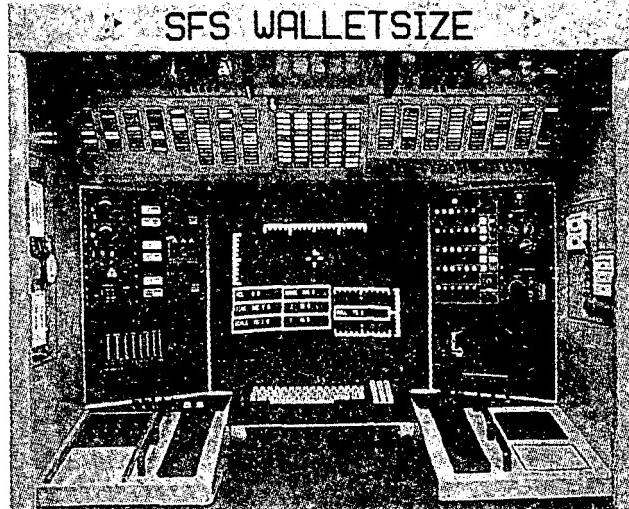
Pokročilí mikropočitačoví amatéři v USA si mohou sami postavit simulátor letu kosmickou lodí. Americká firma 2005 AD (Philadelphia) předvádíla na výstavě Personal Computing v Atlantic City simulátor SFS Walletsize (obr. 1). Kabina ze dřeva a kovu je vysoká jen 1,5 m a svým vybavením vzbuzuje zcela reálnou iluzi řídící kabiny kosmické lodi.

Po usednutí se posunete se sedadlem dopředu a dostanete se zcela do zajetí přístrojů kabiny. Na indikačních panelech vpředu nahore blikají různá světla programu Apollo a nejrůznější letecké přístroje vlevo i vpravo zobrazují a indikují nejrůznější informace. Jádrem kabiny je zobrazovací jednotka (před sedadlem), kterou tvoří tři obrazovky, jedna s úhlopříčkou 62 cm a s velkou rozlišovací schopností. Let se kontroluje hlavní pákou ručního řízení, třemi posuvnými řídícími páčkami a četnými spínači. Nejjednodušší program pro začátečníky simuluje přistávání lodí na měsíční plošině. Na střední obrazovce je vidět horizontální a vertikální pohyb lodi, na levé obrazovce je stranový pohled na přistávací plošinu. Při minuti přistávací plošiny lod ztroskotá a na obrazovce se objeví příslušný komentář. V náročnějším programu pro spojení kosmických lodí za letu se uvažuje kolébání, náklon i vybočení lodi a souřadnice x, y, z. Přiblížení se kontroluje tahovými a brzdícími raketovými motory a celá simulace je zaměřena na přesnost, časování a spotřebu paliva.

SFS Walletsize je v podstatě velmi důmyslná mikropočitačová hra programovaná se zřetelem k fyzikálnímu skutečnosti kosmického letu a je proto i zdrojem poučení. Navíc se může programovat v jazyku BASIC tak, že může simulovat let různých typů kosmických lodí a letadel. Simulace je napsána v jazyku BASIC verze AOO firmy Poly Morphic Systems.

Projekt SFS Walletsize vyžadoval speciální hardware a software, aby byl schopen opravdové simulace kosmického letu. Pro analogové řízení (např. různé páky) jsou zapojeny stykové obvody, které převádějí polohy řídících pák na číslicové informace (před zpracováním v mikropočítaci). Výsledky zpracování dat využívají další zpracování před jejich zobrazením na stínítku obrazovek, na přístrojových panelech, světelných panelech a před převedením na akustické tóny s proměnným kmitočtem v několika malých reproduktorech. Cena byla rovněž důležitá a tak autoři použili většinu hardware z vlastních zásob a přiznávají, že při novém návrhu by vybrali hardware zcela odlišně.

Jádrem systému je pozměněná deska s mikroprocesorem Z-80, která pracuje při kmitočtu hodinových impulsů 2 MHz. Na deskách s periferiemi obvykle je UART (univerzální asynchronní přijímač a vysílač pro dálkopis), 4krát ACIA (asynchronní komunikační stykový adaptér pro terminál a tiskárnu), 4x CTC a jeden USART (programovatelné časovací čítače a univerzální synchronní/asynchronní přijímač a vysílač pro páskovou paměť), PIA (16bitový paralelní periferiální stykový adaptér s obostranným potvrzením příjmu dat), 16krát 8212 (8bitová brána vstup/výstup) a 3 desky firmy



Obr. 1. Pohled na kabiniu SFS Walletsize. Mnoho kontrolních páček a světel je jen pro efekt, informace na obrazovkách představují však reálnou trojrozměrnou simulaci přistávání na Měsici

Poly Morphic Systems k úpravě dat pro zobrazení. Polovodičová paměť na 4 deskách má kapacitu 40K byte. K časování simulace se používají krystalem řízené hardwarové denní hodiny a hodinová funkce reálného času Basic firmy Poly Morphic Systems. Pro výstupní analogové a tónové funkce se používají čipy CTC (programovatelné časovací čítače) a stykové obvody jsou vlastní výroby. K styku s návěstními světy a spínači se používají paralelní brány vstup/výstup (celkem 128) a obvody vlastní výroby. Všechny desky jsou připojeny k sběrnici S-100. Podrobnejší popis je uveden v časopise Interface Age (1978, č. 2 a 3).

Ing. Jaroslav Budinský

Mikroprocesory v domácnosti

V posledních letech se začínají zvolna prosazovat mikroprocesorové jednotky k řízení některých domácích spotřebičů, například praček, myček nádobí a sušičů prádla. Tyto spotřebiče byly dosud ovládány mechanickým programátorem, který byl velmi častým zdrojem poruch a jehož výměna nebyla obvykle jednoduchou ani levnou záležitostí.

Toto „zastaralé“ řízení je nyní svěřováno mikroprocesorové jednotce, která je ovládána jednoduchými tlačítky, popřípadě bezkontaktními spínači, a okamžitý stav programu indikuje svítivými diodami.

U praček a myček nádobí znamená použití mikroprocesoru větší provozní spolehlivost, jednodušší obsluhu a lepší přehled o probíhajícím programu. Elektronický programátor mnohdy umožňuje i předprogramování příslušného úkonu řadu hodin napřed. Doba tváření programu (popřípadě doba jeho ukončení) může být snadno signalizována na displeji, elektronické obvody zajistí, aby nebylo možno otevřít pračku v době odstěrování, anebo při velkých teplotách prací lázně apod. Elektronicky lze současně řídit i rychlosť otáčení motoru, což umožňuje plynule zvětšovat či zmenšovat rychlosť otáčení pracího bubnu například při odstěrování.

100 TV kanálů nastavitelnými tlačítka

Firma Siemens dodává sadu integrovaných obvodů, které digitálně zajišťují přesný souhlas mezi kmitočtem vysílače a naladěním přijímače.

Nový ladicí systém, nazvaný SDA 100, vypočítá okamžitě pro žádaný vysílač odpovídající kmitočet příjmu. Pro tento účel je naprogramováno 100 kanálů. Kmitočet, na němž musí pracovat oscilátor televizního přijímače, je okamžitě vypočítán velmi rych-

lými děliči, pracujícími technikou ECL. Zpracovatelný rozsah dosahuje oblasti gigahertzů. Ve spojení s programovaným děličem a fázovou regulační smyčkou (PLL) je oscilátor přijímače naladěn na přesný kmitočet, odvozený z kmitočtu krystalem řízeného oscilátoru.

Popsaný systém umožňuje trvalé zcela přesné naladění zvoleného vysílače. Stiskne-li uživatel příslušné tlačítko, obdrží řídící jednotka pokyn k vyhledání informace o kmitočtu vysílače v paměti. Přijímač je okamžitě naladěn na požadovaný přijímací kmitočet s největší přesností.

Ladicí systém SDA 100 lze kombinovat také s automatickým vyhledáváním stanic (Sendersuchlauf). I v tomto případě je zajištěna největší přesnost naladění.

Sluneční zdroje pro běžné použití

V technice družic se již řadu let staly sluneční zdroje nepostradatelnou součástí vybavení. Oblast využití těchto ekonomických zdrojů se denně rozšiřuje.

V poslední době vyuvinula firma Solar Power novou standardní jednotku pod označením P-1002, která dodává proud až 0,6 A při napětí 2,3 V. K dosažení vysílení napětí jsou tyto články řazeny do velkých panelů sériové. Ve spojení s pomocnými akumulátory se velmi dobře uplatňují všude, kde není k dispozici jiný vhodnější zdroj elektrické energie.

Nový telefonní systém

Telekomunikační družice typu Intelsat 4 umožňuje přenos až 6000 hovorů současně. Použitý systém, nazývaný TDMA (Time Division Multiplex Access) použila pozemní stanice v Raisingu (SNR).

Principem systému je řada impulsů, které jsou vyslány (i přijmuty) v časovém odstupu asi 750 μs. V nich je zakódováno až 60 hovorů na každý kanál, odlišený kmitočtem. Hovorové kanály jsou tzv. impulsním kódem vzájemně dokonale odděleny. Toto kódování umožňuje také adresovat jednotlivé hovorové kanály předem zvoleným přijímacím stanicím.

Použitý systém je odolný proti poruchám a k praktickému využívání větším množstvím stanic má dojít až v osmdesátých letech. Hlavní důvod je ten, že kmitočtové kanály, které jsou dosud k dispozici (4 GHz a 6 GHz) pro požadovaný počet hovorů již nestačí.

Zajímavou vlastností takto uskutečněných hovorů je časové zpoždění, které je důsledek dráhy asi 80 000 km, kterou musí signál urazit. Toto zpoždění je asi 0,3 s.

-Lx-



**SOUČÁSTKY
A NÁHRADNÍ DÍLY**

**PRODEJNY
TESLA**



Kde nás najdete:

**Praha 1, Dlouhá 36; Praha 1, Martinská 4; Praha 8, Sokolovská 95; Praha 10,
Černokostelecká 27; Kladno, Čs. armády 590; České Budějovice, Jírovcové 5;
Lanškroun, Školní 128/I; Krályky, nám. Čs. armády 362; Ústí n. L., Pařížská 19; Děčín,
Prokopa Holého 21; Chomutov, Puchmajerova 2; Liberec, Pražská 142; Jablonec nad
Nisou, Lidická 8; Teplice v Čechách, 28. října 858; Cheb, tř. SČSP 26; Plzeň,
Rooseveltova 20; Karlovy Vary, Varšavská 13; Brno, tř. Vítězství 23; Brno, Františkánská
7; Jihlava, nám. Míru 3; Prostějov, Žižkovo nám. 10; Hodonín, Gottwaldova 13; Znojmo,
Havlíčkova ul.; Uherský Brod, Moravská 92; Uherský Brod, nám. Vítězného února 12;
Gottwaldov, Murzínova 94; Ostrava-Poruba, Leninova 680; Havířov, Zápotockého čp.
63; Frýdek-Místek, Radniční 4; Karviná, Čapkova 1516; Olomouc, nám. Rudé armády 2;
Šumperk, nám. Pionýrů 18; Přerov, Čs. armády 2; Bruntál, nám. Míru 26; Krnov,
K můstku 1; Valašské Meziříčí, Hranická 550; Příbor, sídlisko Čs. lid. armády; Vsetín, Luh
II; Lipník nad Bečvou, nám. Čs. lid. armády 41; Vrbno pod Pradědem, tř. Svobody 103;
Bratislava, Červené armády 8 a 10; Bratislava, Tehelná 13; Trenčín, Mierové nám. 8;
Trnava, Jilemnického 34; Banská Bystrica, Malinovského 2; Nižná nad Oravou, Dom
služieb; Žilina, Hodžova 12; Zvolen, Dom služieb, ul. kpt. Nálepku 2182; Košice,
Leninova 104; Spišská Nová Ves, Gottwaldova 72; Michalovce, nám. Csoportiteli 44;
Prešov, Slov. republiky rád 5.**

PRODEJNY TESLA

RADIOTECHNIKA

podnik ÚV Svazarmu

expedice plošných spojů

Žižkovo nám. 32

500 21 Hradec Králové

sděluje všem zájemcům, že byl zahájen doprodej desek s plošnými spoji, vyráběných podle podkladů v AR a označených E, F, G, H, J. Tyto desky s plošnými spoji se již vyrábět nebudou! Jde o desky podle následujícího seznamu:

| označení | cena za kus | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------------------------|-------|--|
| E103 regulátor rychlosti | 3,60 | H26 řízení otáček gram. | 49,- | |
| E01 zesilovač G4W | 110,- | H82 basová část | 32,- | |
| E57 SSB TRX | 12,- | H72 vstupní zesilovač | 21,- | |
| E100 přijímač | 18,50 | H83 zkoušečka tranz. | 13,50 | |
| E89 stabilizátor napětí | 10,- | H55 el. zapal. pro WARTBURG | 27,- | |
| E82 předzesilovač pro kytaru | 11,- | H39 V XO pro 70 cm | 53,- | |
| E102 stereosyntetizátor | 36,- | H25 počítač pro přehr. desek | 18,50 | |
| E101 dálkové ovládání | 27,- | H08 směšovač | 57,- | |
| E75 univerzální zesilovač | 47,- | H65 expozičním | 10,- | |
| F38 měřič LC | 6,- | H13 regulátor napětí | 14,50 | |
| F50 automatický čas. spínač | 9,- | H80 generátor jednotka | 58,- | |
| F59 tranzistorový TRX | 89,- | H52 regul. k 20 W zesil. | 48,- | |
| F47 generátor signálu | 4,- | H09 směšovač | 28,- | |
| F10 uspávací přístroj (modul) | 6,- | H16 millivoltmetr | 17,50 | |
| F04 měřič otáček | 7,- | H69 expoziční bar. fotogr. | 53,- | |
| F48 výkonový zesilovač | 6,- | H77 korekční obvod k zesil. | 28,- | |
| F37 mf zesilovač | 11,- | H60 H26 hlídací zařízení | 29,- | |
| F26 zdroj ss napětí | 10,- | H205 kalibrátor a BFO | 33,- | |
| F53 oddělovací zesil. | 19,50 | H218 dekódér | 18,50 | |
| F86 nf zesilovač | 5,- | H204 přijímač VKV ADAM | 48,- | |
| F44 nf zesilovač | 8,50 | H203 korekční LC zesil. | 63,- | |
| F55 elektronické kostky | 9,- | H97 kmtoč. syntetizér | 18,50 | |
| G28 konvertor | 175,- | H35 zkoušečka TTL IO | 66,- | |
| G65 přímoseměšující přijímač | 110,- | H81 rejstříky vibrátor | 58,- | |
| G06K dozvuk | 65,- | H61 regulátor pro alternátor | 29,- | |
| G35 stereodekódér | 49,- | H27 snímač charakteristik | 35,- | |
| G05 automat. vypínání gram. | 22,- | H02 čas. spínač | 26,- | |
| G26 čiseln. měřič kmítocí | 11,50 | H63 tranz. blesk | 24,- | |
| G04 síť. nap. zdroj. | 22,- | H66 signální hodiny | 120,- | |
| G01 přijímač | 93,- | H54 tranz. zapalování | 22,- | |
| G33 rozmitač | 72,- | H44 analogová deska A1 | 45,- | |
| G32A tranzistor ladička | 105,- | H46 analogová deska A3 | 45,- | |
| G68 KV konvertor | 51,- | H86 číslicová deska D1 | 45,- | |
| G59 el. zap. TRABANT | 23,- | H87 číslicová deska D2 | 45,- | |
| G51 generátor RC | 26,- | H88 číslicová deska D3 | 45,- | |
| G53 mf stupeň | 13,- | H89 číslicová deska D4 | 45,- | |
| G48 tuner UKV | 17,50 | H90 číslicová deska D5 | 45,- | |
| G56 el. vypínání gramofonu | 33,- | H91 číslicová deska D6 | 45,- | |
| G12 uspávací přístroj | 18,50 | H92 číslicová deska D7 | 45,- | |
| G39 spinač | 16,- | H93 deska T1 | 45,- | |
| G66 VKV VFO | 21,- | H94 deska T2 | 45,- | |
| G31 cyklovač | 23,- | H95 deska T3 | 45,- | |
| G29 přesný regulátor | 20,- | H209 deska Z2 | 45,- | |
| G37 přijímač | 24,- | H210 deska Z3 | 45,- | |
| G46 potleskoměr | 15,50 | H211 deska P1 | 45,- | |
| G30 cyklovač | 15,- | H17 RD dekódér | 20,- | |
| | | J45 mf zesilovač detekt. | 39,- | |
| | | J21 vypínač gramofonu | 32,- | |
| | | J521 měřič teploty | 27,- | |
| | | J204 zdroj (držák baterii) | 60,- | |
| | | J35 elektron. voltmetr | 24,- | |
| | | J41 kmtoč. analyzátor | 38,- | |
| | | J15 obr. displej | 75,- | |
| | | J44 kompl. RX | 31,- | |
| | | J28 komunikační přístroj | 31,- | |
| | | J59 měř. kmítocí | 16,- | |
| | | J42 přepínač žárovek ke stromku | 32,- | |
| | | J503 kmtoč. analyzátor | 15,50 | |
| | | J529 aut. pro nabíječku | 15,- | |
| | | J36 dekódér | 13,- | |
| | | J36 nf generátor | 8,- | |